E 2039

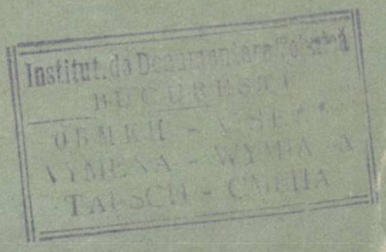
KAT

12

ENERGETICA

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

1613



1

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT
1954

TABLA DE MATERII PE ANUL 1954

ENERGETICA

Avramescu A.: Influenţele viscolului asupra exploatării reţelelor electrice nr. *3*, pag. 109—115.

Antonescu N.: Ecranarea în construcţia şi modernizarea cazanelor de abur, nr. *11—12*, pag. 391—394.

Avramescu A. şi *Cănescu T.:* Rolul şi avantajele fuzibilelor cu înfirzere nr. *11—12*, pag. 407—415.

Barbu I.: Despre problema depozitării cărbunilor, nr. *1*, pag. 26—32.

Buimovici D.: Căile de folosire energetică a ligniţilor din R.P.R., nr. *5—6*, pag. 177—187.

Berindean V.: Ridicarea diagramei motoarelor cu ardere internă cu ajutorul indicatorului piezoelectric, nr. *9—10*, pag. 311—316.

Boisnard J. şi *Goldstein M.:* Pe marginea unei probleme de hidrologie, nr. *9—10*, pag. 358—361.

Bărglăzan A.: Contribuţii la studiul şi proiectarea turbinelor Francis pentru căderi variabile, nr. *11—12*, pag. 416—422.

Brebenel D. şi *Katz S.:* In legătură cu consumul specific de uleiuri lubrifiante în centralele termoelectrice, nr. *11—12*, pag. 431—433.

Braester O.: Contribuţie la problema calculului forţei şi centrului de presiune hidrostatică, nr. *11—12*, pag. 423—426.

Comănescu T.: Măsuri tehnico-organizatorice pentru ameliorarea factorului de putere în instalaţiile electrice, nr. *1*, pag. 39—46.

Comănescu T.: Consideraţii tehnice privind consumurile specifice de energie electrică în forajul sondelor şi extracţia ţiţeiului, nr. *5—6*, pag. 212—217.

Cozelciuc V.: Despre importanţa energetică şi calculul ejecţiei în bieful aval al uzinelor hidroelectrice submersibile, nr. *7—8*, pag. 276—289.

Corodeanu I.: Disimetriile produse de tracţiunea electrică în reţelele trifazate de electrificare generală, nr. *9—10*, pag. 332—336.

Dimo P.: Determinarea momentului şi locului unde trebuie tratat neutrul prin evaluarea supratensiunilor prelungite, nr. *2*, pag. 76—82.

Dinulescu C.: Avariile turbinelor cu abur şi combaterea lor, nr. *1*, pag. 18—25.

Dinulescu C.: Pătrunderile de aer fals la cazanele de abur, nr. *7—8*, pag. 237—241.

Dulberg S.: Calculul instalaţiilor de paratrăsnet, nr. *4*, pag. 171—175.

Drăgan G.: Protecţia instalaţiilor electrice de joasă tensiune împotriva supratensiunilor atmosferice, nr. *5—6*, pag. 197—206.

Dumitrescu S.: Unele probleme ale dezvoltării ştiinţei hidrologice în R.P.R., nr. *9—10*, pag. 351—356.

Filotti A.: Calculul înălţimii economice a barajelor unui hidrocentru, nr. *9—10*, pag. 337—341.

Finţi S. şi *Drăguleanu N.:* Cum s-a obţinut reducerea timpului normat la lucrările de reparaţie a echipamentului electromecanic la o centrală electrică, nr. *11—12*, pag. 434.

Goldner E.: Dezvoltarea energeticei sovietice, nr. *1*, pag. 3—9.

Gheorghiu N. şi *Militaru P.:* Sistemul de distribuţie a energiei electrice doi conductori — pământ. Primele rezultate ale aplicării acestui sistem în ţară, nr. *11—12*, pag. 371—381.

Gafiţeanu A.: Realizări în îmbunătăţirea factorului de putere în sistemul energetic din exploatările petrolifere, nr. *11—12*, pag. 435—436.

I. D.: Folosirea tuburilor de carton bituminat fără înveliş metalic, nr. *9—10*, pag. 364.

Ionescu D.: In ajutorul celor ce studiază şi aplică „Prescripţiile de exploatare tehnică a centralelor şi reţelelor electrice", nr. *9—10*, pag. 365—366.

Hertz G.: Rolul granulaţiei prafului de cărbune în funcţionarea cazanelor cu praf de cărbune, nr. *2*, pag. 65—70.

Matecscu C.: Indici funcţionali pentru calculul barajelor economice, nr. *2*, pag. 49—55.

Mihai N.: Utilizarea viniplastului la instalaţiile de epurare chimică a apei din centralele termoelectrice, nr. *2*, pag. 71—75.

Militaru P.: Rigle de calcul speciale pentru determinarea inductanţei şi capacităţii liniilor electrice aeriene, nr. *2*, pag. 88—90.

Moţoiu C.: Funcţionarea motoarelor Diesel cu combustibil gazos, nr. *3*, pag. 98—118.

Mihăileanu C.: Rolul osciloperturbografului în analiza avariilor din sistemele energetice, nr. *4*, pag. 166—170.

Marcu B.: Metode practice de determinare a diagramelor vectoriale, nr. *7—8*, pag. 242—250.

Mihăileanu C.: Exerciţiile de prevenire şi lichidare a avariilor, metodă importantă a muncii cu personalul din instalaţiile energetice, nr. *9—10*, pag. 362—363.

Mişu A.: Termoficarea urbană. II Soluţii de principiu şi forme de realizare, nr. *11—12*, pag. 382—390.

Nemynar B. L.: In legătură cu problema productivităţii muncii şi planificarea ei în economia energetică, nr. *4*, pag. 153—156.

Niţu V. I.: Reactorii ca mijloc de limitare a curenţilor de scurtcircuit, nr. *5—6*, pag. 207—211.

Pavel D.: Uzini cu transformatori hidroenergetici, nr. *1*, pag. 10—17.

Preda M.: Contribuţii la teoria filtrelor de componente simetrice şi la măsurarea componentelor simetrice în cazul tensiunilor de linie, nr. *2*, pag. 83—87.

Popescu N. C.: Factorii principali care determină alegerea locului de construcţie a unei centrale termoelectrice, nr. *3*, pag. 93—97.

Penescu C. I.: Sincronizarea automată a generatorilor sincroni, nr. *3*, pag. 116—125.

Parteni C. A.: Alternatoare trifazate încărcate nesimetric, nr. *4*, pag. 157—165.

Perussi P.: Recuperarea căldurii la cuptoarele Siemens-Martin, nr. *5—6*, pag. 181—187.

Pavel D.: Descărcător hidraulic complex, nr. *5—6*, pag. 218—220.

Proroceanu V.: Legături electrice de contact în staţiile de transformare aeriene, nr. *7—8*, pag. 261—268.

Pavel D.: Cu privire la articolul: „Unele probleme ale dezvoltării ştiinţei hidrologice în R.P.R.", nr. *9—10*, pag. 357.

Penescu C.: Consideraţii asupra sistemelor de protecţie prin curenţi purtători de înaltă frecvenţă, nr. *11—12*, pag. 395—406.

Rittemberg A.: Discuţie în jurul instrucţiunilor pentru utilizarea aluminiului în instalaţiile electrice la consumatori, nr. *2*, pag. 91.

Romînu I.: Materiale izolante termice folosite în mod curent în centralele electrice, nr. *5—6*, pag. 188—196.
Rădulescu V.: Funcționarea cuptoarelor electrice cu arc, racordate la rețele electrice trifazate de înaltă tensiune și influența lor asupra rețelelor, nr. *9—10*, pag. 317—331.
Stanislavlievici I.: Considerații asupra randamentului termo-tehnic al combustibililor, nr. *4*, pag. 143—152.
Stoicescu G.: Tehnica securității muncii în stațiile electrice, nr. *5—6*, pag. 225—232.
Șora C.: Determinarea locului și felului defectelor pe linii, prin metoda impulsiilor, nr. *3*, pag. 126—135.
Ștefănescu S.: Verificarea debitmetrelor de abur, nr. *7—8*, pag. 269—275.
Stăncescu I. D.: Termoficarea urbană. I — Determinarea naturii, mărimii și variației consumului de căldură, nr. *9—10*, pag. 303—316.
Voinea D.: Stabilitatea termică a instalațiilor de punere la pămînt, nr. *1*, pag. 33—38.
Vlădea I.: Exemple de calcul și indicații constructive pentru turnurile de răcire, nr. *2*, pag. 56—64.
Vasilescu A.: Influența redresorilor cu mercur asupra rețelelor electrice, nr. *7—8*, pag. 251—260.
Wisner P.: Cu privire la modelarea debitului solid și la aplicațiile sale practice, nr. *9—10*, pag. 342—350.
Voicu V.: Instalația mobilă de ventilație cu aerisire directă pentru lucrări în interiorul utilajului industrial încălzit, nr. *11—12*, pag. 427—430.

Din viața A.S.I.T.

* * * : În scopul îmbunătățirii activității revistelor A.S.I.T., nr. *1*, pag. 47.
* * * : O consfătuire folositoare, nr. *5—6*, pag. 233.
* * * : Rezoluția consfătuirii privind stabilirea și reducerea consumurilor specifice de energie electrică în industrie, nr. *7—8*, pag. 298.

Din experiența U.R.S.S.

* * * : Electrificarea — mijloc important pentru consolidarea bazei tehnice a agriculturii, nr. *5—6*, pag. 225.
V. R.: Alimentarea centralelor termoelectrice cu apă mixtă de răcire, nr. *7—8*, pag. 290.
Weisman I.: Siguranțele de înaltă tensiune de tipul „P. K.", nr. *7—8*, pag. 294.

Recenzii

* * * : „Culegerea de probleme din tehnica iluminatului", nr. *1*, pag. 48, de G. I. Așkenazi.
* * * : Problemele proiectării tehnico-economice a marilor uzine hidroelectrice în sisteme energetice, nr. *1*, pag 92, de V. A Kuțenov și E. O. Steinhaus.
* * * : Considerații asupra cedării de căldură și dimensionarea canalelor de răcire la motoare trifazate cu aripioare de răcire, nr. *3*, pag. 137, de H. G. Halt.
* * * : Alimentarea cu căldură și ventilație a uzinelor hidroelectrice, nr. *4*, pag. 176, de Smirnov D. K.
* * * : Calculul hidraulic al conductelor cu secțiune circulară cu ajutorul nomogramelor de Hovanschi S. G. nr *5—6*, pag. 235.
* * * : Hidromecanizarea lucrărilor executate cu chesoane de Zingorengo I. G. Silin A. N., nr. *5—6*, pag. 235—236.
* * * : Decantoare orizontale pentru instalații de alimentare cu apă de Piscunov P. I., nr. *5—6*, pag. 236.
* * * : Determinarea regimului economic de funcționare a transformatorilor de V. V. Mihailov, nr. *5—6*, pag. 236.
* * * : Mașini hidraulice de Dorin Pavel, nr. *7—8*, pag. 300.
* * * : Recuperarea pierderilor de căldură din industrie de Ignat I. Saphier, nr. *7—8*, pag. 301.
* * * : Montarea echipamentului electric al stațiilor de transformare din întreprinderile industriale de D. V. Sokolov, nr. *7—8*, pag. 302,
* * * : Rețele termice. Construcția și calculul lor de Lopatin B. V., nr. *9—10*, pag. 367.
* * * : Centrale și stații electrice rurale, de Poiarkov P. M., nr. *9—10*, pag. 367.
* * * : Pregătirea apei, de M. S. Skrob, nr. *9—10*, pag. 368.
* * * : Tehnica tensiunilor înalte de L. I. Sirotinski, nr. *9—10*, pag. 369.
* * * : Constructorul primelor centrale hidroelectrice din U.R.S.S., de acad. G. O. Graftio, nr. *9—10*, pag. 369
* * * : Indreptar pentru organele de control al cazanelor, de Grinboim M. I. și alții, nr. *9—10*, pag. 369.

Cronică

Manolescu G.: Prescripțiile de exploatare tehnică a centralelor și rețelelor electrice, nr. *7—8*, pag. 297.

HIDROTEHNICA

Bîlcu D.: Organizarea șantierelor hidrotehnice, nr. *1*, pag. 7—13.
Brodfeld B.: Metode industrializate la execuția construcțiilor hidrotehnice masive, nr. *1*, pag. 26—30.
Budeanu C. V.: Consolidarea și impermeabilizarea terenurilor prin silicare cu două soluții, nr. 2, pag. 67—71.
Blidaru A.: Importanța automatizării la stațiile de pompare, nr. *3*, pag. 102—107.
Constantinescu M. și *Goldștein M.:* Debitul solid al cursurilor de apă, nr. *2*, pag. 47—58.
Cosmin I.: Date și criterii pentru stabilirea schemei de alimentare cu apă a întreprinderilor din industria metalurgică, nr. *2*, pag. 61—66.
Catană D.: Amortizorul de vibrație, nr. *3*, pag. 116.
Haret A.: Folosirea metodei analogiei electrohidrodinamice (E.G.D.A.) pentru rezolvarea problemelor de filtrare, nr. *1*, pag. 31—34.
Katz S.: Despre rezolvarea practică a ecuației în diferențe finite a mișcării permanente în albii naturale. nr. *3*, pag. 108—112.
Leahu X.: Productivitatea excavatoarelor cu o cupă, nr. *1*, pag. 14—19.
Lehr H.: Conferința panunională pentru metodele de luptă contra pierderilor de apă din resurse și canale de pămînt la sisteme de irigație, nr. *3*, pag. 113—115.
Meltzer A.: Folosirea conductelor de presiune de beton armat pentru ieftenirea construcțiilor de alimentare cu apă a industriilor și orașelor, nr. *3*, pag. 81—84.
Pavel D. și *Bîlcu D.:* Problema reducerii prețului de cost al construcțiilor hidrotehnice, nr. *2*, pag. 41—47.
Păuna S.: Instalațiile plutitoare de hidromecanizare cu domeniul de aplicare la lucrările de îmbunătățiri funciare în R.P.R., nr. *3*, pag. 90—101.
Stănescu E.: Conferința unională asupra problemelor de mecanica pămînturilor și fundației, nr. *2*, pag. 79—80.
Vladimirescu I.: Congresul național de hidrologie de la Budapesta, nr. *3*, pag. 85—90.
Wisner P.: Cu privire la cercetarea pe modele hidraulice a casetelor de echilibru, nr. *2*, pag. 58—66.
Recenzii
Revista — revistelor
Din activitatea A.S.I.T.

ENERGETICA

Apare lunar sub îngrijirea unui Comitet de Redacţie

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Anul II ★ Ianuarie 1954 ★ Nr. 1 Redacţia: Bucureşti, B-dul 1848 Nr. 10 ★ Tel. 3.07.30 3.57.28

Országos Műszaki Könyvtár TULADONA

SUMARUL

	Pag.
E. Goldner: Dezvoltarea energeticei sovietice	3
Dorin Pavel: Uzini cu transformatori hidroenergetici	10
C. Dinulescu: Avariile turbinelor cu abur şi combaterea lor	18
Ilie Barbu: Despre problema depozitării cărbunilor	26
D. Voinea: Stabilitatea termică a instalaţiilor de punere la pământ	33
Toma Comănescu: Măsuri tehnico-organizatorice pentru ameliorarea factorului de putere în instalaţiile electrice	39
DIN VIAŢA A.S.I.T.	47
RECENZII	48

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Е. Голднер: Развитие советской энергетики	3
Дорин Павел: Станции с гидроэнергетическими трансформаторами	10
К. Динулеску: Аварии паровых турбин и борьба с ними	18
Илие Барбу: К вопросу о хранении угля	26
Д. Войня: Термическая устойчивость заземляющих устройств	33
Тома Команеску: Технико-организационные меры для улучшения коэффициента мощности в электрических установках нефтянной промышленности	39
ИЗ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ А.С.И.Т.	47
РЕЦЕНЗИИ	48

REDACȚIA: București, B-dul 1848 Nr. 10
Raionul Tudor Vladimirescu
Telefon: 30730 — 35728

Gpz-674/55
LEFORDITVA

DEZVOLTAREA ENERGETICEI SOVIETICE

Ing. E. GOLDNER

Insemnătatea electrificării, ca factor hotărîtor pentru construirea şi pentru consolidarea socialismului şi pentru desvoltarea lui mai departe spre comunism, a fost scoasă de multe ori în evidenţă şi se poate deci presupune că toţi cei care au urmărit cât de puţin istoria desvoltării Uniunii Sovietice ştiu despre rolul şi importanţa planului de electrificare GOELRO, plan ce a fost îndeplinit cu succes şi într'un termen foarte scurt.

Mai puţin răspândite sunt însă cunoştinţele mai amănunţite cu privire la felul cum s'a realizat în ansamblul ei electrificarea în Uniunea Sovietică, ritmul în care au fost parcurse diversele etape şi efectele ei directe şi indirecte asupra întregii economii naţionale a Ţării Sovietelor.

Astfel de cunoştinţe prezintă însă un interes deosebit, deoarece datele concrete privind ritmul extrem de rapid, în care electrificarea a schimbat întreaga structură economică a Ţării Sovietice, pot servi ca exemple concrete de muncă şi ca imbold pentru a obţine şi noi succese de acest fel.

*

Pentru a aprecia rezultatele electrificării sovietice în întreaga lor amploare, considerăm necesar să începem cu o cercetare sumară a condiţiilor iniţiale, dela care a pornit planul GOELRO.

Starea de înapoiere a întregii economii naţionale din Rusia ţaristă este îndeobşte cunoscută, cum sunt cunoscute şi cauzele care au determinat această situaţie.

Capitalul străin, căruia îi aparţineau în 1913 peste 50,0% din totalul investiţiilor existente în centrale electrice şi peste 70,0% din industria electrotehnică, avea tot interesul de a frâna dezvoltarea unei industrii energetice şi electrotehnice proprii.

Tabela 1

Participarea capitalului străin în sectorul electricităţii, înainte de Marea Revoluţie Socialistă din Octombrie

Sectorul industrial	Totalul investiţiilor în milioane ruble	Din care	
		Capital străin	în %
Fabrici electrotehnice . . .	72,5	51	70,3
Centrale electrice	265	136	51,3

Deşi capitalismul era în plin avânt şi bogăţiile naturale ale ţării ar fi justificat o dezvoltare largă a electroenergeticii în Rusia ţaristă, această ţară ocupa în această privinţă unul din ultimele locuri din Europa şi din lume.

Pe uriaşul teritoriu al Rusiei ţariste se găseau instalate centrale electrice în număr redus, însumând o putere totală ce depăşea cu puţin un milion de kW, iar resursele hidroenergetice atât de imense ale ţării erau practic nefolosite, existând numai 78 uzini hidroelectrice cu o putere totală de 8 392 kW.

Marea majoritate a centralelor termoelectrice foloseau combustibil superior sau grevat cu mari cheltuieli de transport; păcura reprezenta 60% din tot combustibilul energetic, iar restul de 40%, din cărbune superior, în parte importat.

Energia electrică produsă de puţinele centrale existente — circa 2 miliarde kWh/an — era consumată în cea mai mare parte pentru iluminat şi numai în proporţie de circa 1/3 din totalul producţiei în industrie şi transport; aceasta explicând în parte şi faptul că această putere instalată era utilizată în medie cu numai 2 000 ore/an.

Influenţa capitalului străin nu era singurul factor care împiedica schimbarea acestei situaţii; proprietatea particulară, care ridica greutăţi de multe ori de neînvins la exproprierea terenurilor necesare lucrărilor energetice, anarhia producţiei, concurenţa între capitalişti, toate acestea reprezintă numai câteva aspecte din incapacitatea regimului capitalist de a realiza o electrificare raţională, folositoare întregului popor.

*

Toată această situaţie a început să se schimbe încă din primii ani după Marea Revoluţie Socialistă din Octombrie, când în 1921 tânăra putere sovietică, după ce — prin consolidarea puterii politice — a înlăturat toate piedicile care stăteau în calea începerii electrificării, a atacat cu vigoare lucrările prevăzute în planul GOELRO.

La intervale foarte scurte — în special dacă ţinem seama de urmările războiului imperialist şi de războiul civil, care au secătuit ţara timp de aproape şapte ani — apar centrale noi şi se reconstruesc şi se amplifică cele existente.

Încă în primii ani de industrializare (1921—1925) — înaintea începerii lucrărilor din cadrul planurilor cincinale — puterea instalată în centrale electrice creşte cu aproape un milion de kW până la valoarea de 1 905 000 kW.

In 1925, este pusă în funcţiune la Şatura — în prima mare termocentrală alimentată cu turbă — un prim grup de 16 000 kW, realizare cu atât mai importantă cu cât reprezenta atunci cea mai mare centrală din lume, care folosea acest combustibil inferior. Se desprinde, încă dela această primă realizare, principiul de bază al electrificării socialiste de a folosi în mod raţional toate sursele de energie şi în special acelea, care nu pot fi folosite altfel, decât numai pentru producerea de energie electrică. Este interesant de relevat că în Statele Unite — cu rezerve uriaşe de turbă, evaluate la multe mii de miliarde de kWh — această sursă de energie era atunci practic nefolosită.

O altă mare centrală, pusă în funcţiune în 1927 la Sterov, arată o altă linie pe care se

urmăreşte folosirea raţională a rezervelor de energie şi anume utilizarea deşeurilor de antracit, ars în cazane sub formă pulverizată.

Prin această folosire raţională a potenţialului energetic, se corectează — încă dela începutul aplicării planului de electrificare — situaţia în această direcţie. Dacă, după cele arătate mai sus, în 1913, 60% din toată energia electrică era produsă prin utilizarea păcurii şi 40% din cărbune superior — în parte importat — între anii 1926—1927 se realizează cotele de 34,5% pentru păcură, 26,5% pentru cărbune, turba apare cu o cotă importantă de 21,5% şi deasemenea ca un început promiţător şi energia hidraulică cu 9,2%.

Tabela 2

Schimbarea aspectului de folosire raţională a surselor energetice

Felul surselor energetice	1912 %	1926–1927 %
Combustibil grevat de transporturi dela distanţe mari:		
— păcură	60	34,5
— cărbune	40	26,5
Surse locale de energie:		
— cărbune	—	4,1
— lemn	—	4,2
— turbă	—	21,5
— apă	—	9,2
	100%	100

Industria electrotehnică obţine deasemenea însemnate succese în toate sectoarele ei, lucrând produse care să înlocuiască pe cele din import şi să asigure din ce în ce mai mult toate nevoile, atât ale producţiei, cât şi pe cele ale consumului de energie electrică.

Ca un exemplu în această desvoltare, este de relevat faptul că, încă în 1926, tânăra industrie constructoare de maşini a executat un hidrogenerator de 8 750 kW, care reprezenta atunci — printr'o greutate cu 19,6% mai redusă decât tipul similar produs de industria suedeză — un vădit progres.

Un progres însemnat se constată nu numai în instalarea puterii, ci şi în folosirea ei. Faţă de anul 1913, producţia de energie electrică creşte în anii 1926—1927 la 214,6%, de unde rezultă o creştere a utilizării anuale dela 2 000 la 2 600 ore, indice care arată — în mod indirect — şi folosirea din ce în ce mai intensă a energiei electrice de către industrie.

*

Toate aceste schimbări, deşi reprezintă — după cifrele arătate — realizări importante atât în valoare absolută cât şi în valoare relativă, nu reprezintă totuşi decât faza pregătitoare a marilor lucrări din cadrul planurilor cincinale.

Primul plan cincinal (1928—1933), care a fost îndeplinit în numai patru ani şi trei luni, a creat baza economică pentru construirea şi consolidarea socialismului, iar electrificarea — care s'a desvoltat intens în această perioadă — a adus o contribuţie însemnată în această direcţie, mai mult chiar, a creat condiţiile fără de care această bază economică nu ar fi fost posibilă.

Această înrâurire directă a electrificării asupra producţiei industriale generale se poate constata şi în mod direct dacă urmărim coeficientul de electrificare a sectorului industrial, respectiv raportul între energia electrică consumată de industrie şi energia totală (mecanică şi electrică) necesitată în acest sector. Acest raport, care în 1928 era de 50,9% — adică numai jumătate din energia totală necesară era consumată sub formă de energie electrică — creşte în 1932 la 71,2%.

Prin influenţa directă a electrificării, producţia industrială a marcat creşteri pronunţate, fiind de menţionat ramura construcţiilor de maşini, care în 1932 era de peste patru ori mai mare decât în 1928; tot aşa, ramura industriei electrotehnice cu o creştere de peste cinci ori şi a producţiei de cazane şi turbine, care era de 2 ori mai mare decât în 1928.

Participarea din ce în ce mai intensă a electricităţii la procesul de producţie industrial a atras după sine ridicarea nivelului tehnic, precum şi îmbunătăţirea tehnologică a fabricaţiei.

Astfel, se părăseşte din ce în ce mai mult acţionarea cu transmisii pe grupe de maşini, înlocuite cu electromotoare individuale.

Introducerea electricităţii a deschis sectoare cu totul noi, care înainte nu ar fi fost posibile pe scară industrială, ca spre exemplu în domeniul electrochimiei şi al electrotermiei.

Prin construcţia de centrale electrice noi sau prin amplificări în cele existente, puterea instalată creşte în această perioadă cu peste 3,5 milioane kW, atingând circa 4,7 milioane kW, iar producţia de energie electrică se ridică la 13,5 miliarde kWh.

Rezultă de aci o cifră anuală de utilizare de aproape 2 900 ore, care este rezultatul direct al creşterii factorului de electrificare a industriei. Dacă nu considerăm însă numai aceşti indici valabili pentru întregul sector al electricităţii, ci ne mărginim numai la datele valabile pentru marile centrale regionale, constatăm aci o creştere mult mai pronunţată, atât a puterii instalate, cât şi a orelor de utilizare, care arată în mod limpede realizarea unui alt principiu important al planului de electrificare şi anume reducerea numărului de centrale mici şi concentrarea producţiei în centrale mari cu unităţi puternice, care permit obţinerea de indici tehnico-economici optimi.

Astfel în 1932, faţă de o creştere a puterii totale instalate până la 4 696 000 kW, ceeace reprezenta de 2,5 ori valoarea puterii instalate din 1928, se înregistrează în sectorul centralelor regionale o creştere dela 610 000 la 2 654 000 kW, adică de peste patru ori mai mult. Deasemenea, se constată în domeniul producţiei marilor centrale regionale o creştere dela 2 miliarde kWh la peste 9 miliarde kWh, cu o cifră anuală de utilizare de 4 600 ore. Progresul net, realizat de electrificarea sovietică în perioada amintită, se poate constata şi din comparaţia acestei cifre cu valorile respective din

acel timp pentru Statele Unite și Germania, unde ele variază între 1 700 și 2 200 ore/an.

Posibilitățile noi oferite de energia electrică, de care economia sovietică dispunea în cantități din ce în ce mai mari, au fost folosite și în domeniul transporturilor. In anul 1925, sunt electrificate porțiuni de cale ferată în regiunea Baku, iar în 1928, multiplele avantaje tehnice și economice, pe care le prezintă tracțiunea electrică față de aceea cu abur, face ca și căile ferate suburbane din Moscova să fie electrificate.

*

Acest grandios avânt al electrificării din primul cincinal continuă cu succes și în decursul celui de-al doilea plan cincinal, puterea instalată atingând 8 117 000 kW.

Intr'o măsură mult mai mare — comparativ cu primul cincinal — crește și producția de energie electrică, care în 1937 depășea valoarea de 36 miliarde kWh, cifră care arată un salt masiv al cifrei de utilizare medie anuală până la peste 4 000 ore.

Datorită acestui salt în producția de energie electrică, Uniunea Sovietică, care ocupa în 1913 locul al 15-lea în scara producătorilor de energie electrică din lumea întreagă, se ridică acuma la locul al treilea, pentru Europa chiar la al doilea.

Creșterea cifrelor orelor de utilizare se poate exprima în mod plastic, arătând că în 1938 un kW de putere instalată producea de 2,6 ori mai multă energie decât producea în 1913 un kW instalat.

In legătură cu această creștere a producției de energie electrică, crește masiv în această perioadă și producția industrială, ajungând în 1937 la de două ori valoarea din 1913. Pentru a aprecia la justa valoare această creștere, trebue ținut seama că — în același timp — țări ca Statele Unite sau Anglia și Germania înregistrează creșteri ale producției industriale de numai 1,2 până la 1,3 ori, sau altele ca Franța, chiar scăderi (de 0,93 ori).

In acest fel se explică cum și în privința producției industriale, Uniunea Sovietică ocupa încă din acel timp primul loc în Europa și al doilea loc în lume.

Odată cu mărirea absolută a puterii instalate, crește și puterea unităților din noile mari centrale. Urmărind evoluția în această direcție, constatăm că în Rusia țaristă unitățile cele mai mari din centralele termoelectrice nu depășesc puterea de 10 000 kW; primul salt pronunțat se produce în 1925, când se instalează la Șatura un agregat de 16 000 kW; numai cu un an mai târziu, la centrala din Leningrad un grup de 30 000 kW, doi ani mai târziu, în 1928, la Șatura un grup de 44 000 kW, apoi în 1931 la Kașiru — primul agregat de 50 000 kW și însfârșit în 1934 la Stalinogorsk — primul grup turbogenerator de 100 000 kW.

Folosirea masivă a energiei electrice începe să schimbe în mod esențial întreaga structură a economiei naționale.

In 1913, în condițiile regimului țarist, producția în sectorul agricol era mai mare decât în cel industrial (57,9% față de 42,1%); în 1928, după primii ani de industrializare socialistă, după primele realizări ale electrificării, acest raport se inversează (54,5% se produce în industrie; 45,5% în agricultură); după terminarea cu succes a primului plan cincinal, acest raport înregistrează o schimbare pronunțată (70,7% în industrie față de 29,3% în agricultură).

Această tendință de creștere a sectorului industrial față de cel agricol, este determinată în mod hotărîtor de electrificarea progresivă a industriei, ajungând la sfârșitul celui de-al doilea cincinal la 77,4% pentru industrie față de 22,6% în agricultură. Totuși, odată cu realizarea electrificării, energia electrică pătrunde din ce în ce mai mult și în producția agricolă, înregistrându-se o creștere a producției, astfel că agricultura începe să deservească în măsură crescândă nu numai sectorul alimentar, ci să alimenteze și industria cu materii prime.

Tabela 3

Evoluția repartiției întregii producții a economiei naționale asupra sectorului industrial și agricol

Sectorul	1913	1928	1932	1937
Industrial %	42,1	54,5	70,7	77,4
Agricol	57,9	45,5	29,3	22,6

Un alt fapt caracteristic pentru activizarea întregii industrii și agriculturi prin continua creștere a electrificării, este dat de balanța importurilor industriale, care arată că în 1937, la sfârșitul celui de-al doilea plan cincinal, o serie întreagă de materii prime sau de produse industriale de bază, care în trecut erau importate în întregime sau în mare măsură din străinătate, acum se produc de industria și agricultura sovietică.

Se acoperă integral din producția internă nevoile de bumbac (în 1913 se producea în proporție de 53,1% din necesarul de consum), de cărbune (în 1913 se importa 20% din necesarul de cărbuni), de zinc (în 1913 se producea numai circa 10%), de tractoare, care înainte nu se fabricau deloc în țară. Același lucru este valabil și pentru industria hârtiei, a substanțelor chimice industriale ca superfosfații, care — deși se produceau și înainte în țară — totuși nu satisfăceau întregul consum.

In cursul acestei perioade, încetează practic și importul de utilaj energetic pentru turbinele cu abur, industria sovietică de mașini acoperind 80,4% dintr'o cerere care este din ce în ce mai mare, față de producția anului 1930, când industria acoperea numai 10,7% din necesar; la generatoare, pentru care în 1930 mai trebuia importat aproape 90% din totalul cerut,

industria indigenă acoperă în 1938 integral cerele electrificării.

Tabela 4

Creşterea independenţei economiei sovietice faţă de importurile din alte ţări. Producţia indigenă în % din consumul total

Mărfuri	1913	1928	1932	1937
Bumbac	53,1	66,8	98,4	100
Cărbune superior	80,2	100	100	100
Zinc	9,7	6,4	57,3	100
Aluminiu	0	0	6,7	95,1
Tractoare	0	24,6	100	100
Cauciuc	0	0	0	74,1
Hârtie	60	78,5	100	100
Superfosfaţi	63,1	72	100	100

Deasemenea, este satisfăcut practic integral întregul consum de maşini de tot felul necesare economiei naţionale; pe când în 1913, 43,5% din aceste nevoi trebuiau să fie satisfăcute prin import, în 1937 — la un nivel industrial incomparabil mai ridicat, care realizează o producţie industrială de aproape 10 ori mai mare — numai 0,9% din necesarul de maşini mai era necesar a fi importat.

Aceste realizări industriale nu prezintă numai interes din punct de vedere al volumului producţiei, ci şi din punctul de vedere al calităţii ei, al nivelului tehnic ridicat atins, în special în domeniul electrotehnicii.

Tânăra industrie sovietică se poate astfel mândri cu aceea că încă în anul 1937 a produs un turbogenerator de 100 000 kW cu viteza de 3 000 rot/min, care reprezenta unitatea cea mai mare din lume din acel timp. Acelaşi lucru se poate spune şi despre cel mai mare generator pentru acţionare prin turbină hidraulică, cu puterea de 55 000 kW la viteza de 62,5 rot/min; această uriaşă maşină, cu un diametru exterior de 14 m a fost atunci construită pentru marea centrală Rîbinsk de pe Volga.

Tot în această direcţie a desvoltării industriei de utilaj energetic, este de relevat — între altele — şi producţia în 1933 a celui mai mare cazan din lume cu producţie de 160/200 t/h la presiunea maximă pentru timpul de atunci, de 140 at (cazanul Ramsin, cu circulaţie forţată).

Coeficientul de electrificare a industriei, a cărui creştere s'a arătat şi mai înainte, atinge valori şi mai mari, care ne demonstrează că industria sovietică ocupa, din acest punct de vedere, încă de atunci primul loc în lume. Peste 81% din energia necesară întregii industrii era atunci dată acesteia sub formă de energie electrică, coeficient care în industria minieră ajunge chiar până la 93,2%. Faţă de aceste valori, ţări ca Statele Unite, Germania şi Anglia, înregistrează în aceeaşi epocă în industria lor coeficienţi de electrificare de 60 până la 76%, iar în industria cărbunelui — de 48,8% pentru Anglia şi 52,5% pentru Germania. Acest procent arată nu numai starea înaintată ce o dobândise industria sovietică cu privire la nivelul tehnic şi productivitate, ci şi grija regimului sovietic pentru igiena industrială, cum şi crearea condiţiilor optime de muncă, ambele indisolubil legate de folosirea cât mai intensă a electricităţii.

Influenţa hotărîtoare a electrificării industriei asupra volumului producţiei industriale se mai poate deduce şi din constatările statistice, care arată că — în perioada considerată a îndeplinirii celui de-al doilea plan cincinal — 80% din întreaga producţie industrială provenea din întreprinderi noi, concepute şi echipate pe baza tehnicei celei mai avansate de atunci, tehnică care folosea la maximum electrificarea, pe când fabricile vechi participau numai cu 20% la producţia industrială. Şi mai pronunţat este acest raport în metalurgia grea, unde aproape totalitatea producţiei (96,6%) provenea din întreprinderi moderne, electrificate, şi numai un mic rest de 3,4% din întreprinderile vechi. O situaţie similară exista şi în ramura constructoare de maşini, unde 88,3% din producţie provenea din fabrici noi şi 11,7% în cele vechi. In ramuri atât de importante, ca industria tractoarelor şi a automobilelor, întreaga producţie provenea numai din fabrici noi şi moderne.

*

Al treilea plan cincinal, început în 1938, cuprindea — pe lângă alte probleme centrale — şi o mărire masivă a bazei energetice.

In trei ani de muncă paşnică, din 1938 până în 1941, când al 3-lea plan a fost brutal întrerupt de agresiunea fascistă, poporul sovietic a mărit din nou puterea instalată în centralele electrice cu aproape 2½ milioane kW, ajungând la o putere totală de 10,7 mil. kW. Producţia de energie electrică depăşeşte valoarea de 48 miliarde kWh şi corespunde la o utilizare medie de 4 600 ore/an.

In acelaşi ritm, creşte şi desvoltarea electrificării industriei. Caracteristic pentru urmărirea consecventă a principiilor industrializării socialiste cu desvoltarea industriei grele producătoare de bunuri de producţie, este faptul că în această perioadă, producţia de maşini reprezintă 31% din întregul volum al producţiei industriei grele, cifră care — pe scară mondială — indică indicele cel mai mare în această privinţă.

Coeficientul de electrificare, a cărui evoluţie a fost menţionată mai înainte, îşi continuă ascensiunea şi are — ca o consecinţă directă — profunde schimbări structurale ale producţiei industriale. Acţionarea, prin electromotoare individuale, devine aproape generală şi în multe cazuri începe să fie înlocuită cu sisteme şi mai moderne, cu acţionări în care electromotorul încetează să reprezinte un element separat, încadrându-se organic ca un element constructiv al întregii maşini, dând astfel naştere la o nouă categorie de maşină complexă: „electro-maşina", care înlocueşte vechia unitate maşină-motor.

Cresc deasemenea atât calitativ cât și cantitativ aplicările electricității în noile sectoare industriale ale electrolizei și electrotehnicii, care ajung să absoarbă în 1940 18% din întregul consum de energie electrică (față de numai 2% în 1928).

Paralel cu ridicarea nivelului tehnic și cu electrificarea industriei, se înregistrează progrese mari în opera de standardizare, care contribue — în măsură însemnată — la raționalizarea producției.

Industria electrotehnică și exploatările energetice stăpânesc mașini și instalații cu parametrii din ce în ce mai ridicați; crește numărul turbinelor de 100 000 kW și al cazanelor de 130 t/h la presiunea de 100 at și temperatura de supraîncălzire de 510°C; odată cu creșterea puterii unităților, cu ridicarea parametrilor lor, cu îmbunătățirea nivelului de exploatare, se reduce sistematic și consumul specific de combustibil pe unitate de energie electrică produsă. Consumul de 1 080 g combustibil convențional (de 7 500 kcal/kg), care în medie era necesar în 1913 pentru a produce o kWh, este redus în 1941 la aproape jumătate (adică la 580 g).

Tabela 5

Reducerea progresivă a consumului specific de combustibil pentru producerea consumului de energie electrică

a Anul	b Consum specific de combustibil pentru 1 kWh de energie electrică, în g de combustibil convențional	c % față de 1913
1913	1 060	100
1928	820	77,1
1940	596	56,1
1945	571	54
1950	539	50,8

Prin introducerea mișcării stahanoviste în energetică, se obțin exploatări cu indici tehnico-economici îmbunătățiți, cu reducerea numărului de întreruperi, cu micșorarea prețului de cost al energiei produse, cu trimiterea efectivelor de deservire; se desvoltă metode rapide pentru construcția de centrale și stații, atacându-se concomitent lucrările de construcții civile și cele de montaj; se aplică metode noi pentru reparații și complectări la linii de înaltă tensiune, fără a întrerupe funcționarea lor.

Progrese însemnate se înregistrează și în domeniul termoficării, unde producția combinată de energie electrică și termică realizează o îmbunătățire însemnată în folosirea rațională a combustibilului.

Prin lungirea rețelelor de termoficare, care — dela un început de 450 m în 1925 — ajung în 1939 până la 525 km, prin noi și puternice tipuri de turbine cu prelevări de abur pentru termoficări, prin tehnica avansată în concepția și exploatarea unor astfel de instalații complexe, tehnica sovietică ocupă în acest sector, neîndoelnic, primul loc din lume.

Aceasta se poate vedea și din producția totală de energie termică astfel distribuită, care se ridica în 1939 în Uniunea Sovietică la 22 milioane de Mg kcal față de numai 8 milioane în Statele Unite, sau 1,5 milioane în Germania.

In legătură cu desvoltarea ascendentă a centralelor electrice, crește și lungimea liniilor electrice de înaltă tensiune, precum și tensiunile de transport. Față de situația din 1913 cu linii de înaltă tensiune, în lungime totală de 100 km, din care niciuna cu o tensiune de peste 35 kV, se înregistrează în 1940 rețele de înaltă tensiune cu o lungime totală de peste 21 000 km, din care 10 000 km de 110 000 V și 1 100 km de 220 000 V.

Tabela 6

Dinamica liniilor de înaltă tensiune din U.R.S.S.

a Anul	b Lungimea totală de linii la finele anului în km	c Din care, pentru tensiunea de (în kV)			d
		220	154	110	35 și sub 35
1913	100	—	—	—	100
1923	2 000	—	—	1 000	1 000
1932	9 200	—	200	4 000	5 000
1940	21 600	1 100	500	10 000	10 000

Din această creștere atât de masivă, care arată că dela începutul electrificării lungimea liniilor a crescut de peste 200 ori, față de o creștere a puterii instalate în același interval de timp de aproximativ numai 10 ori, se poate trage concluzia că s'a aplicat cu multă consecvență principiul sănătos al unei electrificări raționale, de a plasa centralele electrice în locul unde este disponibilă sursa primară de energie, înlocuind — în cazul combustibilului — transportul combustibilului cu transportul energiei electrice. Această mare desvoltare a rețelelor electrice arată deasemenea că — în industrializarea complexă a țării — s'au evitat concentrări industriale excesive, urmărindu-se deopotrivă o desvoltare industrială rațională a întregului teritoriu, desvoltare industrială uniformă, de care este strâns legată și o desvoltare social-culturală. Insfârșit, realizările atât de însemnate în domeniul liniilor electrice, mai reprezintă un indice pentru gradul în care centrele de producție de energie electrică au fost grupate în mari sisteme energetice, cu bine-cunoscutele lor avantaje de folosire rațională a surselor de energie de diverse feluri, grupate în același sistem și de reducere a unităților de rezervă necesare pentru asigurarea alimentării neîntreruptă în caz de avarii, sau la reviziile și reparațiile periodice ale echipamentului.

Acest grad de grupare a centralelor electrice în sisteme energetice este caracterizat și prin faptul că 80% din toată energia electrică consumată în 1939 a fost distribuită prin astfel de sisteme, iar 66% — prin cele opt mari sisteme ale țării (din regiunea Moscova, Leningrad Donețk, Ural, Gorki, etc.).

Una din principalele caracteristici ale electrificării socialiste constă în faptul că foloasele ei nu se extind numai la sectoarele industrial și

social-cultural din oraşe (în special al iluminatului), ci contribue — în măsură însemnată — la propăşirea agriculturii şi la ridicarea nivelului social-cultural al satelor.

Pe când în Rusia ţaristă folosirea electricităţii la ţară era aproape inexistentă — puterea celor câteva zeci de centrale care în 1913 deserveau satele nu depăşea 2 000 kW sau circa 1/5% din puterea totală — în anul 1940, în ajunul războiului, funcţionau 11 000 centrale mici, rurale, cu o putere totală de 275 000 kW, reprezentând circa 3% din puterea totală instalată (fără a considera în aceste cifre electrificările rurale alimentate direct de sisteme energetice urbane şi raionale).

Tabela 7

Desvoltarea electrificării rurale în U.R.S.S.

	1916	1924	1928	1932	1937	1940
a — Numărul de centrale electrice rurale	80	450	694	1135	7500	10825
b — Puterea lor totală în mii kW	2	16,6	29,6	65,9	230	275
c — Consumul de energie electrică al sectorului agricol, în milioane kWh . . .	1,2	13,2	33,8	95	330	425

	1940	1946	1947	1948
d — Puterea în mii kW	275	269,7	382,1	622
e — In %.	100	98	138	226

Paralel cu această electrificare, se desvoltă în general mecanizarea agriculturii. Incă în 1928, aproape întreaga forţă-tracţiune, de care avea nevoie producţia agricolă, era acoperită de animale domestice şi numai o mică parte de 4%, prin tracţiunea mecanică. Producţia masivă de tractoare — condiţionată la rândul ei de electrificarea ţării — înzestrează până în 1940 satele cu peste 520 000 tractoare, care acoperă peste 70% din necesităţile de forţă de tracţiune.

Odată cu începerea Marelui Război pentru Apărarea Patriei, această ascensiune vertiginoasă a economiei sovietice, ascensiune în care — după cum s'a văzut din expunerea de până acum — electrificarea a jucat un rol însemnat, suferă o încetinire care trebue considerată ca de amploare relativ redusă, în special dacă se ţine seama de efortul extraordinar, pe care economia sovietică a trebuit să-l facă pentru trecerea dela economia de pace la economia de război şi de efortul necesar pentru evacuarea spre răsărit a unei părţi însemnate din întreprinderile situate în teritoriile vremelnic ocupate de agresor. Acest efort a fost într'adevăr extraordinar şi nu poate fi asemuit cu nicio realizare de o asemenea amploare din istorie; într'un timp extraordinar de scurt, de numai câteva luni, au fost nu numai evacuate dar şi reorganizate pe noul loc din răsăritul ţării peste 1 300 de întreprinderi mari, printre care centrale electrice şi întreprinderi metalurgice. Pentru a ne da seama de acest efort uriaş, este suficient să

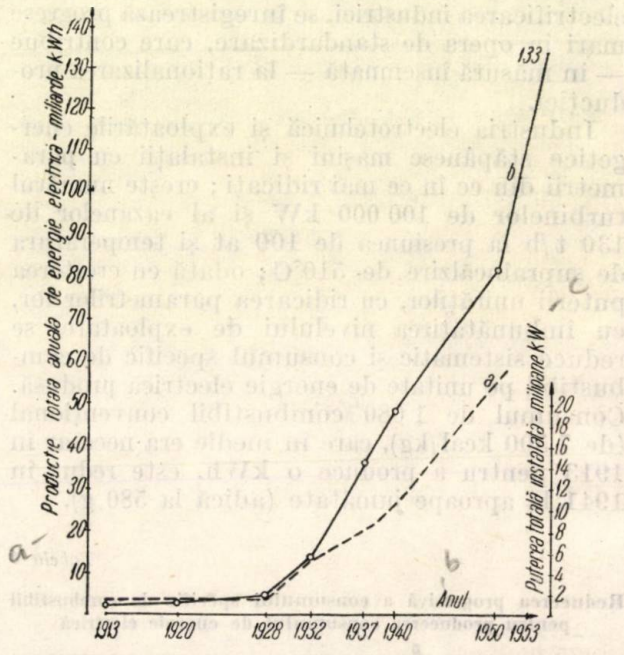


Fig 1. Dinamica puterii instalate şi a energiei electrice produse în U.R.S.S.

arătăm că în acele câteva luni au trebuit să fie demontate, încărcate, transportate la sute de km, descărcate şi remontate peste 1 500 000 de vagoane de echipamente de fabrici (numai transportul unui singur cazan mare de termocentrală necesită circa 100 vagoane).

Cu toate acestea şi cu toate că în acest timp se ducea — pe un front de mii de kilometri — o luptă înverşunată cu maşina de război hitleristă, pe vremea aceea în culmea puterii ei, economia sovietică îşi continuă investiţiile ei capitale în industrie şi agricultură, investiţii care sunt — pentru primii trei ani ai războiului (1941—1944) — mai mari ca cele din al doilea plan cincinal. In aceşti trei ani, potenţialul energetic creşte cu încă 3 400 000 kW, de putere nou instalată, în centralele din răsăritul teritoriului. In acelaşi timp, se ridică în aceste regiuni 2 250 întreprinderi industriale noi, iar pe măsură ce invadatorii sunt goniţi de pe teritoriul sovietic, se reconstruesc în acelaşi interval peste 6 000 de întreprinderi în teritoriile eliberate.

După terminarea definitivă a războiului, avântul de reconstrucţie şi de construcţie porneşte cu un ritm, care întrece pe cel dinaintea războiului, puterea totală instalată crescând în perioada postbelică până în 1950 cu încă 8,3 milioane kW, până la valoarea de peste 22 milioane kW. cu o producţie de peste 82 miliarde kWh.

Efortul din perioada postbelică se aplică şi în direcţia ridicării nivelului tehnic al centralelor noi sau refăcute. Un număr din ce în ce mai mare de centrale electrice mari realizează cifre de utilizare a puterii instalate de peste 7 000 ore/an, centrala din Celiabinsk chiar de 8 360 ore.

Industria electrotehnică ţine pasul acestei desvoltări de refacere şi de dezvoltare a economiei postbelice. Astfel, spre exemplu, s'au produs numai în anul 1950 un număr de 624 000 de electromotoare cu puteri până la 100 kW, ceeace reprezintă de 2,4 ori producţia din 1940.

Deasemenea, s'au realizat progrese calitative în toate domeniile energeticei; presiunea medie de 29 at la turbinele cu abur a fost ridicată la 35 at, temperatura corespunzătoare dela 400° la 435°C (respectiv 39 at şi 450° la cazane), s'au introdus metodele moderne pentru îndepărtarea hidraulică a sgurii, se automatizează în mare măsură procesele de deservire din centralele termo şi hidro-electrice, mergând — în unele cazuri — până la deservirea complect automată a celor din urmă.

Electrificarea rurală face deasemeni progrese mari. Numai în primii ani din cincinalul postbelic, sunt electrificate 22 000 colhozuri şi peste 3 000 S.M.T.-uri; în câteva regiuni şi republici unionale, electrificarea rurală poate fi considerată ca terminată; puterea totală instalată în centralele rurale creşte dela valoarea de 275 000 kW din 1940 până la 622 000 kW în 1950. Faptul că — raportată la puterea totală instalată — această putere din centralele rurale reprezintă un procent mai mic decât în 1940, se explică uşor prin deservirea directă a unui număr din ce în ce mai mare de consumatori agricoli, direct din sistemele energetice.

Începând cu anul 1950, se poate considera ca terminată electrificarea tuturor sovhozurilor şi staţiunilor de tractoare şi maşini.

Numărul de tractoare a crescut în primul cincinal postbelic cu 536 000 tractoare, iar în 1947 — în acelaşi ritm — cu 137 000, adică împreună 673 000 faţă de numărul de 520 000, existent în 1940.

Odată cu începerea realizării directivelor pentru cel de-al cincilea plan cincinal, economia sovietică păşeşte cu paşi repezi spre transformarea socialismului în faza lui superioară spre comunism, iar electrificarea va juca un rol hotărîtor în această desvoltare.

Realizarea sarcinilor trasate încă în 1946 de P.C.U.S. şi Guvernul Sovietic, de a se atinge producţii anuale de 50 milioane tone de fontă, de 60 milioane tone oţel, 500 milioane tone cărbuni, 60 milioane tone de petrol, este strâns condiţionată de crearea unei puternice baze energetice, pe măsura acestor sarcini; marile lucrări ale comunismului — din care una, Canalul Volga-Don, a fost dată în folosinţă de peste un an — sunt deasemenea în strânsă legătură cu electricitatea, fie că energia electrică a fost utilizată la construirea lor, fie că reprezintă noi şi puternice surse pentru noi extinderi ale electrificării.

După cercetările Institutului Energetic al Academiei de Ştiinţe din Moscova, se prevede că pentru realizarea sarcinilor de mai sus şi prin posibilităţile create de marile lucrări ale comunismului, puterea electrică va trebui să crească, într'un viitor apropiat, până la 50 milioane kW, cu o producţie de energie de 250 miliarde de kWh.

Această energie, care — tot după prevederile Institutului Energetic — se va produce în proporţie egală în centrale hidroelectrice, în centrale cu condensaţie şi în centrale de termoficare şi care se va distribui prin sisteme energetice încă mai cuprinzătoare şi mai strâns interconectate decât cele de azi, va contribui în mare măsură la îndestularea tuturor nevoilor social-culturale, la extinderea electrificării transporturilor la o reţea de 25 000 km.

Deasemenea, se va putea păşi atunci la desăvârşirea electrificării rurale, la extinderea masivă a lucrărilor de irigare, a plantaţiilor de perdele forestiere şi a tuturor celorlalte măsuri pentru a face pe om mai puţin dependent de capriciile naturii şi — prin tot acest complex de progrese — se va micşora în mare măsură contrastul dintre sat şi oraş.

Aceste uriaşe perspective ale electrificării sunt condiţionate şi de o ridicare corespunzătoare a nivelului tehnic şi a parametrilor instalaţiilor şi maşinilor de tot felul. În multe din aceste domenii, încercările sunt în curs şi în parte au dus la rezultate bune. Se poate astfel prevedea ca — pe măsura creării de către metalurgie de noi calităţi de oţel de înaltă calitate, cu preţuri industriale accesibile — instalaţiile de vaporizare să poată trece la presiuni de 170 at şi mai târziu chiar la 225—300 at, cu temperaturi de supraîncălzire de 600°C, realizând în acest fel reduceri ale ansamblului specific de calorii/kWh până la 23 %.

Tensiunile de transport vor creşte până la valoarea de 400 000 V, prima linie de acest fel fiind încă de pe acum în stadiu de construcţie, pentru legarea noii hidrocentrale dela Kuibâşev cu regiunea Moscova.

Cercetările ştiinţifice şi industriale, care se desfăşoară cu succes în exploatări şi laboratoare, vor mări — prin aplicări complexe ale electricităţii — numărul de automatizări complecte în domenii din ce în ce mai largi, vor îngrădi astfel din ce în ce mai mult domeniul muncii manuale, vor contribui la micşorarea contrastului dintre munca manuală şi cea intelectuală.

Bibliografie

Şerşov S. F.: Electrificarea leninist-stalinistă a U.R.S.S. Gosenergoizdat 1951.

UZINI CU TRANSFORMATORI HIDROENERGETICI

Prof. dr. ing. DORIN PAVEL
Laureat al Premiului de Stat

Hidroacumularea prin pompare reprezintă o posibilitate interesantă pentru ridicarea economiei exploatării marilor sisteme energetice. Oportunitatea ei energetică și economică depinde însă de mulți factori, dintre cari specificul consumului de energie și condițiile naturale favorabile realizării instalațiilor au o influență hotărâtoare. In articolul de față se expun principiile de bază și prin câteva aplicații practice se ilustrează căile de studiu ale problemelor de acest gen.

Dat fiind că o hotărâre în privința oportunității aplicării hidroacumulării prin pompare nu se poate lua decât dela caz la caz pe baza unor studii corespunzătoare, redacția invită pe această cale pe cei interesați a reflecta asupra acestei probleme și a examina îndeaproape acele cazuri concrete din țara noastră în care aplicarea acestei metode ar aduce avantaje energetice și economice. Coloanele revistei „Energetica" rămân deschise pentru discuții și contribuții în această problemă.

Printre problemele hidroenergetice de actualitate este și aceea a hidroacumulării cu pompare prin transformatori hidroenergetici *TH*, în scopul compensării curbei puterii disponibile cu curba de consum, problemă tratată sumar în literatura energetică. Energia de pompare este luată în orele și epocile de consum mic, fie dela uzini hidroelectrice pe firul apei sau cele fluviale, fie dela centrale termoelectrice, fie direct din rețeaua de transport electric, care debitează energie mixtă termo și hidroelectrică.

Folosirea *TH* a provenit dela exploatările centralelor termoelectrice cu abur care, neavând acumulatori termoenergetici, nu acoperă economic variațiile prea accentuate ale curbelor de sarcină. S'au construit acumulatori termici sub formă de rezervoare sub presiune cu apa supraîncălzită, însă limitele constructive și economice fac ca acest fel de acumulare să nu aibă importanță practică pentru sistemele energetice mereu în creștere. La fel, acumulatorii electrici nu intră în considerație la puteri și energii importante. Rămâne singura formă economică de acumulatori de mari proporții, aceea hidroenergetică.

Aproape simultan au fost aplicați *TH* la uzini hidroelectrice, care nu au acumulare proprie, mai ales pe lângă uzini pe firul apei, mai vechi, sau uzine prin pompare pură pe lângă rețelele sistemelor energetice.

Tipuri de uzini cu *TH*. Asemenea *TH* pot fi concepuți după diferite tipuri, care la rândul lor se subîmpart în numeroase variante, în funcție de condițiile naturale :topografice, hidrologice, geotehnice, apoi de condițiile locale economice și după gradul de compensare energetică realizată. Tipurile fundamentale sunt :

1. *Uzină de bază pe firul apei, combinată cu TH*, după schema din fig. 1, care la căderea de bază H_b mică sau mijlocie, nu poate realiza la captarea B_1 un baraj cu lac acumulator suficient de mare, din dificultăți geotehnice, geologice, inundarea de localități, căi ferate și șosele.

Dacă pe un afluent limitrof se poate însă realiza un lac prin barajul B_2, fiind acolo condițiile naturale favorabile și lipsită zona dela B_2 de sate și căi de comunicație, atunci se amenajează căderea secundară H_2 astfel ca în clădirea centralei să fie instalați *TH*, adică agregate de transformatori hidroenergetici *II*, în apropiere de grupurile *I* ale căderii de bază.

La *TH* este util să fie căderea H_2 de 2 la 4 ori mai mare ca H_b, știind că tehnica pompelor permite azi să se realizeze căderi artificiale până la 2000 m. Apa se aspiră de pompe dela nivelul amonte și se refulează cu $H_p = H_1 + \Sigma h_{rp}$ spre lac, ținând seama de pierderile de sarcină Σh_{rp}. In cazuri excepționale se poate realiza *TH* într'o clădire de centrală *II* separată, dar nu prea îndepărtată de *CI*.

2. *Uzina treaptă, baraj de joasă cădere, sau fluvială, combinată cu TH*, după schema din fig. 2, este economică numai dacă nu se poate realiza un volum compensator de apă la treapta de bază. In cazul că nu se combină cu *TH*, debitul instalat economic Q_i, respectiv P_i corespunzător, rezultă din calcule între modulul Q_m și debitul de asigurare de 50% (semipermanent).

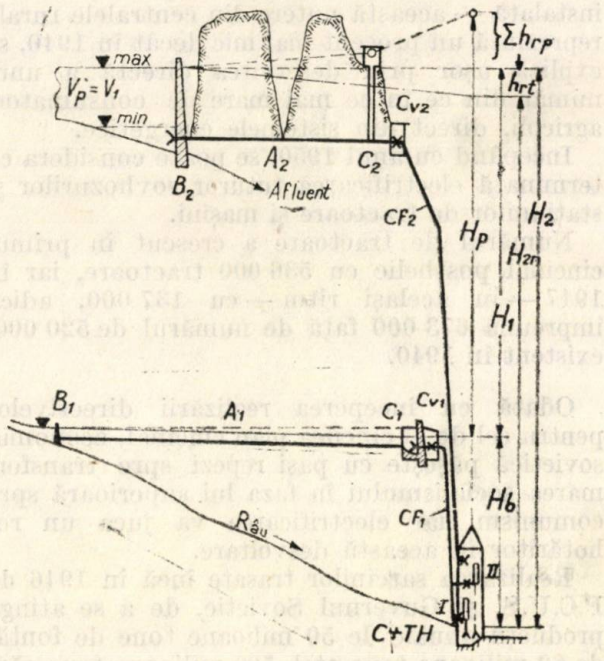


Fig. 1. Uzină pe firul apei combinată cu transformator hidroenergetic (*TH*).

Chiar la această instalare modestă, puterea nu acoperă regimul sarcinilor electrice, deoarece debitele minime și maxime nu coincid în timp cu sarcina minimă și maximă.

Prin combinarea cu *TH* se poate instala Q_i mai mare, funcție de acumularea V_u prin pompare, cum se arată în aplicațiile 1...6. Astfel

cu *TH* se sporește producția uzinei de bază, se sporesc orele de utilizare $T = \frac{E}{P_i}$, ceeace ieftinește energia, cu toate că este necesară o investiție suplimentară în *TH*. Căderea secundară H_2 trebue să fie cât mai mare și nu este necesar a se căuta neapărat un afluent pentru lacul creeat prin barajul *B*, ci este suficient a găsi o depresiune de teren pe o terasă apropiată, un lac sau ezer natural, chiar nealimentat de un curs de apă. Centrala poate fi comună, adăpostind grupurile *I* ale căderii de bază și agregatele *TH* notate cu *II*, sau în cazuri dificile se separă centralele la distanță mică pentru a nu introduce un transport energetic important.

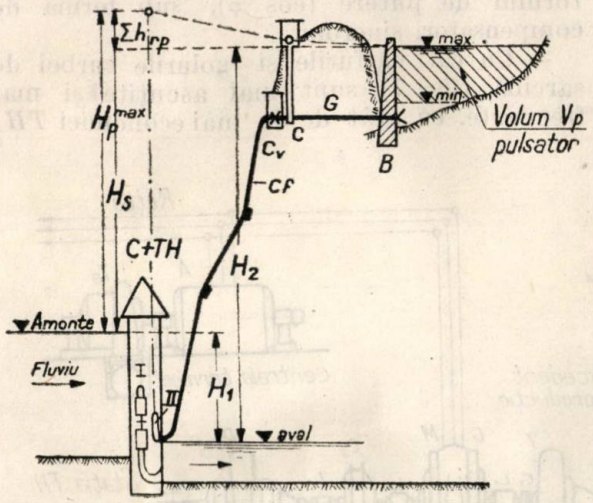


Fig. 2. Uzină fluvială de bază cu *TH*.

3. *Hidrocentru cu uzina acumulatoare I și în aval cu II...N—1 uzini în cascadă pe firul apei, combinat cu TH în I*, conform schemei fig. 3, este cel mai frecvent caz folosit azi și se justifică economic când : lacul *I* are o capacitate mai mare decât admite debitul modul din amonte, în schimb *II, III...N*—1 primesc debite mult mai mari dela afluenții din aval, debite care nu sunt compensate. Folosind energia excedentară a celor *N*—1 uzine pe firul apei din aval, se pompează apă în lacul *I*, dacă se instalează agregatele lui *TH* în centrala *I*.

4. *Centrală termoelectrică combinată cu TH învecinat*, conform schemei fig. 4, reprezintă numai una din variantele posibile, de exemplu fig. 4 și 5. Energia termoelectrică ΔE_1 excedentară în orele de consum redus (fig. 7), este folosită pentru a ridica apa cu H_{tmax} din rezervorul inferior în cel superior, creeat de exemplu prin barajul *TH*, ca în orele de vârf apa să coboare prin turbinele *TH* cum se arată la detalii și în aplicațiile ce urmează. Turbinele *T* cu generatorul *G* pot forma unitate separată de pompa *P* cu electromotorul *M* (fig. 5) sau formează $T + G(M) + P$ un singur agregat la care *G* funcționează la pompare ca motor sincron, folosindu-se turbocupla *C2* (fig. 4).

5. *Stații TH izolate, introduse undeva în sistemul energetic*, sunt asemănătoare fig. 4, iar *TH* se amplasează cât mai aproape de centrul de greutate al consumului. Astfel din energia mixtă din întregul sistem, dată de *N* uzine hidroelectrice pe firul apei și *M* centrale termoelectrice cu aburi, va fi folosită partea excedentară pentru pomparea apei în lac și viceversa la vârful de consum apa coboară în turbinele *TH*. In acest caz, ca la 4, folosirea rațională a *TH* ameliorează curba de producție a sistemului, ridicând orele de utilizare *T* și eftinind energia, știind că energia de vârf va fi dată de *TH* la un preț corespunzător energiei înnobilate prin transformarea unei energii excedentare (deșeu) în energie prețioasă de vârf.

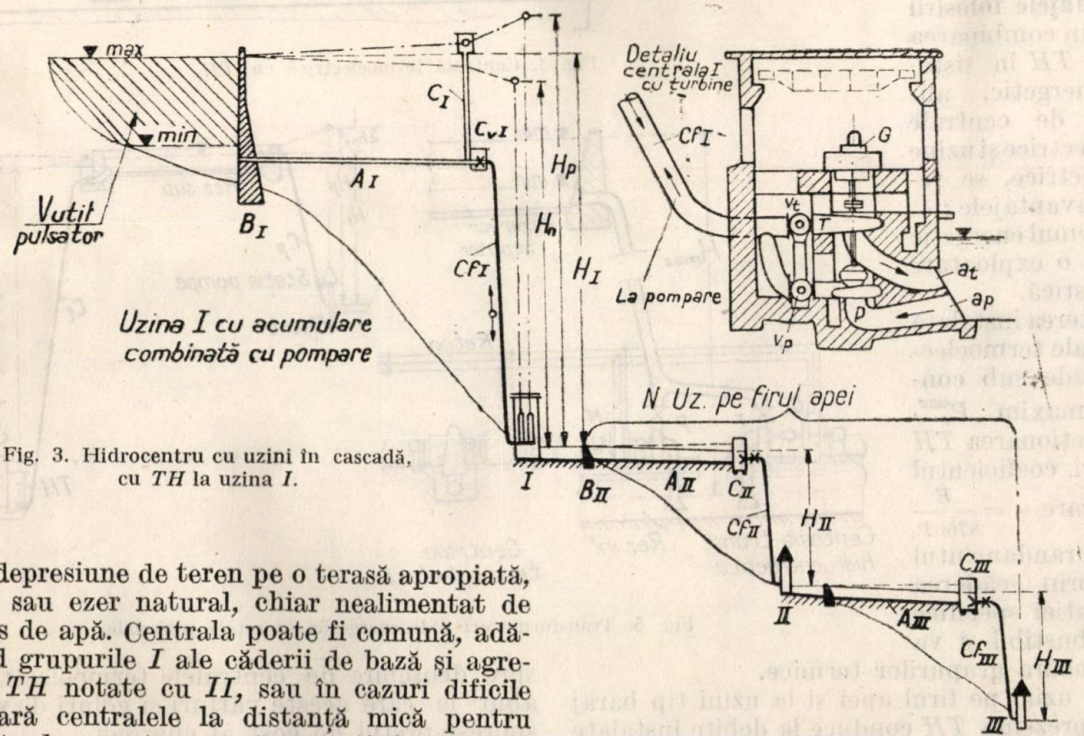


Fig. 3. Hidrocentru cu uzini în cascadă, cu *TH* la uzina *I*.

6. *TH cu diferență de cădere* (fig. 5-dreapta) se întâlnesc mai rar, când există un afluent

pe vale laterală, mai înaltă decât cea principală, unde pomparea cu H_p este mult mai mică decât căderea spre turbine H_{2n}, deci se recâştigă pierderile de randamente sau chiar mai mult, cum se arată ulterior.

Aceste tipuri fundamentale de *TH* mai pot fi clasificate după gradul de compensare în :

— *TH* cu compensaţie orară — zilnică ;

— *TH* săptămânal, care, pe lângă variaţiile orare, compensează consumul redus de sâmbătă după masă până luni dimineaţa, cu consumul sporit al zilelor efective de lucru ;

— *TH* sezonier, cu compensaţia în cadrul unui sezon ;

—*TH* anual, la care consumul mare iarna şi mic vara, nepotrivindu-se cu producţia uzinilor, va fi compensat prin *TH*.

Avantajele folosirii *TH*. Prin combinarea folosirii *TH* în sistemul energetic, alimentat de centrale termoelectrice şi uzine hidroelectrice, se remarcă avantajele :

—Sistemul energetic va avea o exploatare mai elastică.

—Puterea instalată la centrale termoelectrice scade sub consumul maxim P_e^{maz}, căci funcţionarea *TH* va spori coeficientul de utilizare $u = \frac{E}{8760 P_i}$ va spori randamentul global prin scăderea consumaţiei specifice de combustibil şi va reduce uzura grupurilor termice.

— La uzini pe firul apei şi la uzini tip baraj fluvial, prezenţa *TH* conduce la debite instalate Q_i mai mari şi la compensarea producţiei.

— *TH* este un tampon energetic, care porneşte şi opreşte debitarea energiei de vârf în timp scurt (2...4 minute).

— *TH* reprezintă rezerva de putere şi de energie înmagazinată, printre cele mai uşor manevrabile.

— Fiind plasate staţiile *TH* cât se poate mai aproape de centrul de greutate al consumului, se vor eftini liniile de transport electric dela uzinele îndepărtate, a căror vârfuri sunt preluate de *TH*.

— In perioada de stagnare a *TH* (nu pompează, respectiv nu debitează energie), grupurile pot fi folosite pentru ameliorarea factorului de putere (cos φ), sub forma de compensatori sincroni.

— Cu cât vârfurile şi golurile curbei de sarcină (fig. 7) sunt mai ascuţite şi mai frecvente, cu atât devin mai economici *TH*,

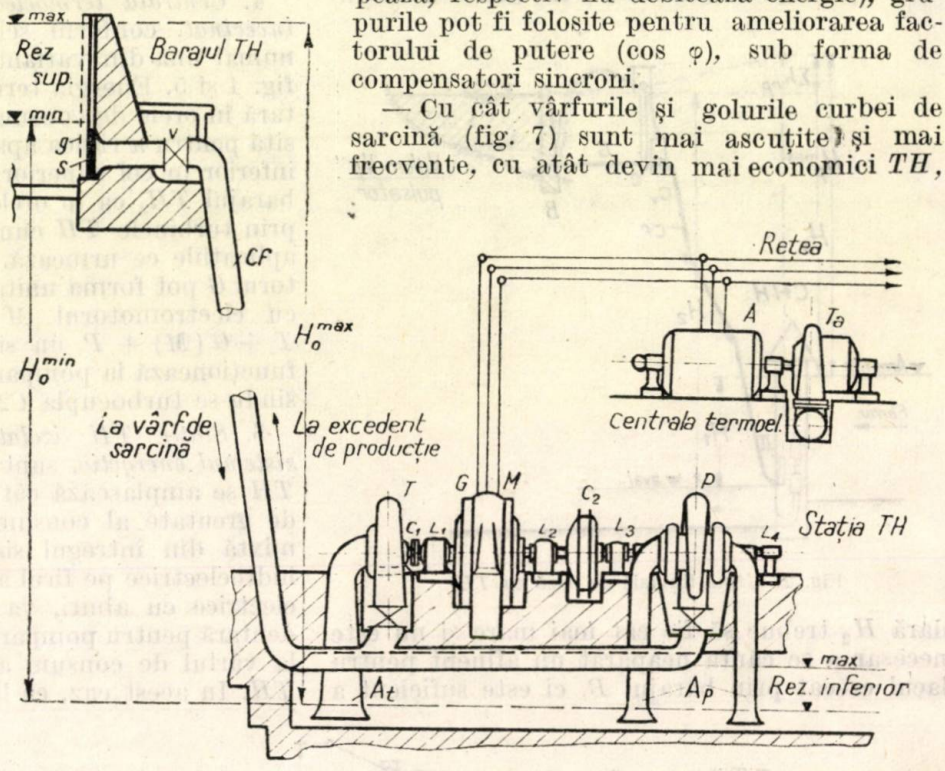


Fig. 4. Centrală termoelectrică cu *TH*.

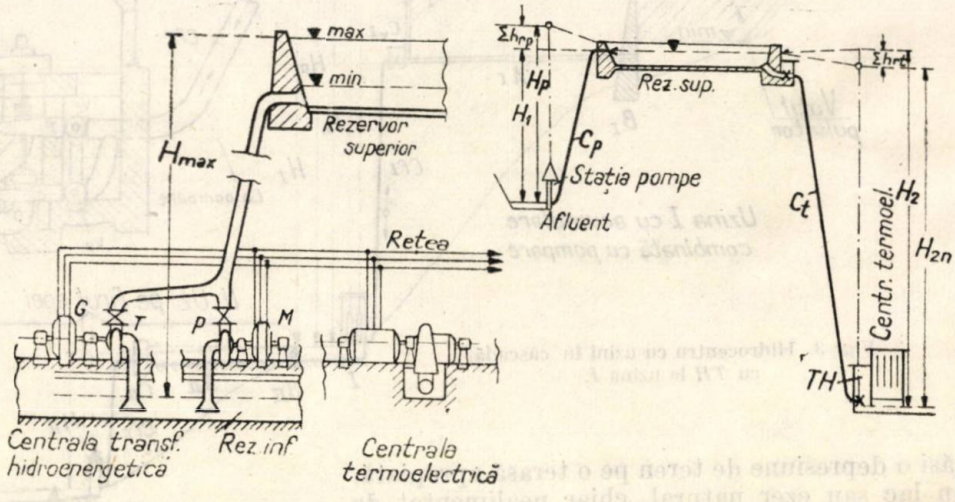


Fig. 5. Transformatori hidroenergetici în reţele regionale.

spre deosebire de centralele termoelectrice cu abur la care aceste vârfuri şi goluri de sarcină sporesc preţul de cost al energiei.

— *TH* devin cu atât mai economici cu cât scade investiţia specifică (*i* lei/kW), deci cu cât creşte căderea *H*, cu cât scade debitul, creşte puterea şi scade numărul de agregate din Staţia *TH*. Există acum în funcţie *TH* cu căderea de peste 600 m, cu puteri peste 150 000 kW, cu lacuri tampon combinat cu pompare de sute milioane m³, reprezentând acumulatori energetici de peste 50 milioane kWh.

Nu este indicată folosirea TH, când:

— Curbele de consum sunt aplatizate (nu prezintă vârfuri mari).

— Coeficientul de utilizare și orele de utilizare ale sistemului sunt foarte ridicate.

— Relieful terenului este plat, condițiile geologice și hidrologice sunt defavorabile.

— In sistem există suficiente uzini hidroelectrice care asigură compensarea energetică prin acumulare prin baraje cu lacuri mari, alimentate cu debite naturale, fără pompare.

Principiul hidromecanic de funcționare a *TH*. Indiferent de schema folosirii *TH*, cum arată

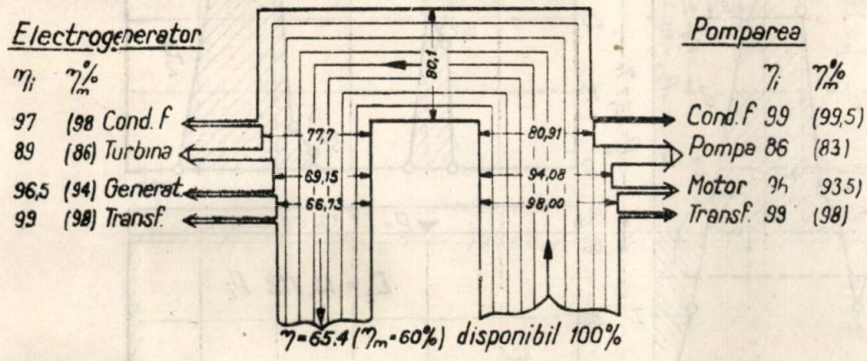


Fig. 6. Bilanțul energetic și randamentele *TH*.

figurile precedente, se constată că în general Stația *TH* conține agregate cu *primarul*: Pompa P antrenată prin turbocupla C_2 de de electromotorul M și *secundarul*: turbina T cuplată fix prin C_1, la generatorul G (care în genere este identic cu M).

In procesul de funcționare al primarului se introduce puterea și energia socotite 100%, provenită din sistemul energetic, dela o centrală termoelectrică, sau dela uzini hidroelectrice fără nici un fel de acumulare proprie (fig. 6).

Randamentul *primarului* $\eta_1 = \eta_{T1}\,\eta_M\,\eta_P\,\eta_{h1}$ se compune din:

η_{T1} — randamentul transformatorului electric coborîtor dela *IT* la *JT*, care la instalații foarte mari este la puterea instalată P_i de 99%, ca medie de exploatare 98%;

η_M — randamentul electromotorului (generatorul funcționând ca motor sincron) la instalații mari 96%, iar media exploatării 93,5%;

η_P — randamentul pompei, azi perfecționate 86%, iar în medie 83%;

η_{h1} — randamentul hidraulic la pompare, determinat mai ales de lungimea și diametrul conductei forțate de 99%, în medie 99,5%.

Astfel se obține la instalații mari și moderne, randamentul global al primarului $\eta_1 = 80{,}1$, iar ca medie de exploatare $\eta_{1m} = 76{,}5\%$.

Randamentul *secundarului* se compune analog $\eta_2 = \eta_{h2}\,\eta_t\,\eta_g\,\eta_{T2}$:

η_{h2} — randamentul hidraulic la coborîrea apei prin aceleași conducte, însă cu alte debite, deci 97% și în medie 98%;

η_t — randamentul turbinei, la plină sarcină 89%, în medie 86%;

η_g — randamentul optim al generatorului 96,5%, în medie 94%;

η_{T2} — randamentul la ridicarea tensiunii 99%, respectiv 98%.

Secundarul realizează global $\eta_2 = 81{,}7$, respectiv la media exploatării $\eta_{2m} = 78{,}5\%$.

Intreaga stație (fig. 5) realizează un randament global $\eta = \eta_1\,\eta_2 \simeq 65{,}4\%$ (fig. 6) și la regimul mediu de exploatare $\eta_m = \eta_{1m}\,\eta_{2m} \simeq 60\%$.

Se mai observă din figuri că la pompare se conduce apa la pompă dela nivelul amonte al amenajării căderii de bază (la centrale termoelectrice din rezervorul inferior), așa că înălțimea manometrică de pompare este $H_p = H_s + \Sigma h_{rp} = H_s/\eta_{h1}$, cu H_s static (fig. 2). La funcționarea cu turbină, căderea brută H_2 dă căderea netă $H_{2n} = H_2 - \Sigma h_{rt} = \eta_{h2}\,H_2$ (fig. 1). După jocul $H_p \gtrless H_{2n}$ se poate recupera parțial sau total dublul randament pierdut.

In cazul mai rar figura 5-dreapta, enunțat ca tipul 6, se poate obține H_p atât de mic față de căderea netă la turbine $H_{2n} \gg H_p$ încât se câștigă mai mult decât pierderea cu dublurandamentul $\eta = \eta_1\,\eta_2$. Bilanțul la primar (pompare) și secundar (turbină) dă la limită

$$9{,}81\,Q_1 H_1 \frac{1}{\eta_1} = 9{,}81\,Q_2 H_2\,\eta_2, \text{ sau}$$

$$H_1 = \eta_1\,\eta_2\,H_2\,Q_2/Q_1.$$

Dacă se proectează instalația cu H_1 după ultima ecuație, nu se pierde prin randamentele $\eta_1\,\eta_2 = 0{,}65$ (medie 0,6) nici o energie, iar când este posibil a face H_1 mult mai mare $H_1 \gg 0{,}6\,H_2\,Q_2/Q_1$, atunci nu se pierde energie ci se câștigă, adică energia de vârf produsă de *TH* este mai mare decât energia excedentară a centralei termoelectrice. Cu alte cuvinte transformatorul în aceste rare cazuri lucrează de fapt cu randament supraunitar. Se vede însă clar că acest *TH* nu mai poate funcționa cu aceiași apă în circuit închis ca în fig. 4, ci se consumă debitul Q_1 de pe afluent coborându-l în valea principală, deci acest sistem este realizabil numai dacă afluentul are debite suficiente și este situat mult mai sus decât valea principală. La *TH* cu compensație zilnică acumulând debitul mic al afluentului într'un rezervor orar, se pot acoperi Q_1 variabile fără risipă mare de apă.

In câteva aplicații numerice se arată sumar metodele de calcul a *TH*.

Aplicația 1: La o centrală termoelectrică *CTE*, combinată cu transformator hidroenergetic *TH*, puterea totală instalată $P_i = 100\,000$ kW corespunde în fig. 7 la 100% și se calculează cu investițiile specifice $i_t = 6000$ la (*CT*) și $i_h = 5000$ lei/kW la (*TH*), fiind investițiile $I_t = i_t\,P_t$; $I_h = i_h\,P_h$. Consumul specific de

combustibil cu putere calorifică de 7000 kcal/kg se admite după Morozov [1] $\delta = 0{,}5 + \frac{471}{T}$, în kg/kWh. Ținând seamă de orele de utilizare $T = 8760$ u, cu coeficientul de utilizare $u = P_m/P_i$, rezultă consumul specific de căldură $c = 7000\ \delta = 3500 + \frac{376}{u}$ (kcal/kWh).

La funcționarea CT fără TH rezultă conform cazul că se combină cu TH, cu putere perfect constantă $P_t = 61\,300$ kΔ, deci cu $u = 1$ și $c_t = 3500 + 376 = 3876$. Astfel vor fi $I_t = 6000 \cdot 61\,300 = 367\,800\,000$ lei, $a_t = \frac{0{,}09}{365} I_t = 90\,690$ lei/zi, $I_h = 5000 \cdot 38\,700 = 193\,500\,000$ lei, cu $a_h = \frac{0{,}05}{365} I_h = 26\,507$ lei/zi (coeficientul cheltuielilor anuale s'a luat

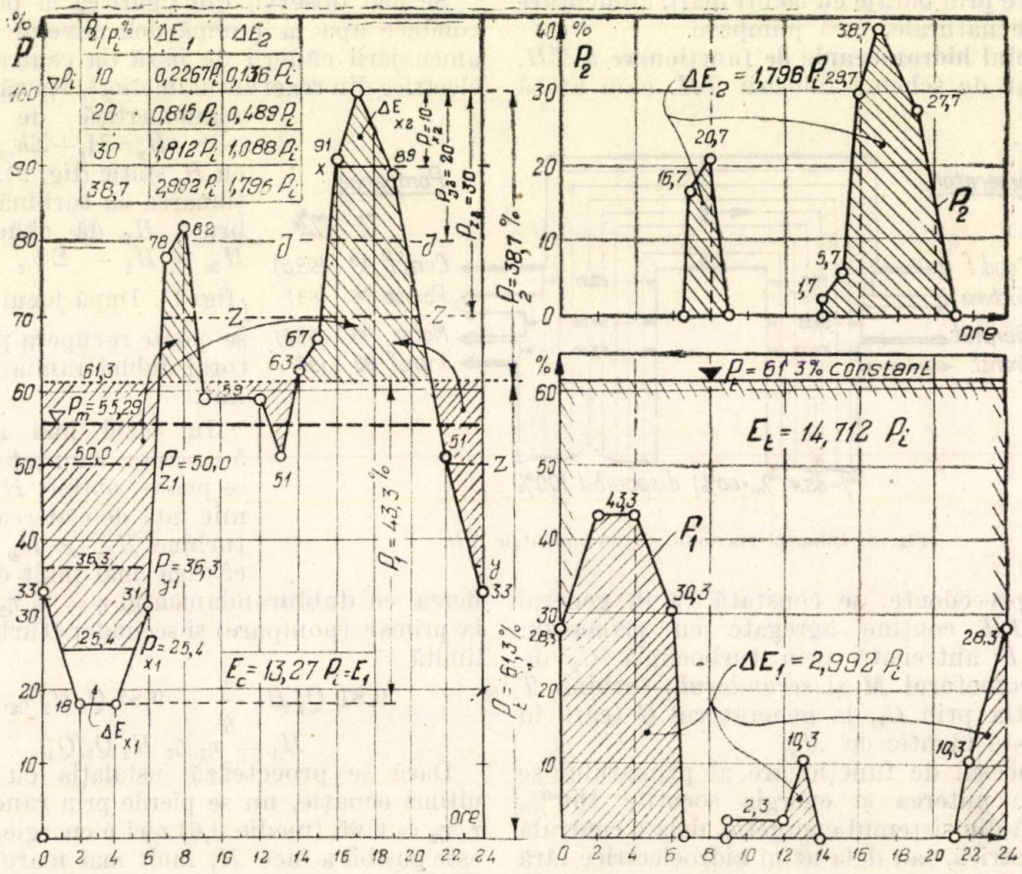


Fig. 7. Planul de exploatare cu TH conform aplicațiilor 1, 2, 3.

fig. 7 $u_1 = P_m/P_i = 0{,}5529$, deci $c_1 = 3500 + \frac{376}{0{,}5529} = 4180$ kcal/kWh, energia $E_1 = 13{,}27\ P_i = 1\,327\,000$ kWh/zi, investiția $I_1 = 600\,000\,000$ lei, cheltuielile de amortizare, exploatare, întreținere, regie $a_1 = \frac{0{,}09}{365} I_i = 148\,000$ lei/zi și prețul de cost al energiei $p_1 = \frac{a_1}{E_1} + p_e\ c_1 = 0{,}216$ lei/kWh, la prețul unitar $p_e = 0{,}000\,025$ lei/kcal.

Dacă CTE se folosește integral ca bază cu $P_t = 0{,}613\ P_i = 61\,300$ kW și vârfurile de putere se dau de secundarul TH, cu $P_2 = P_i - P_t = 38\,700$ kW, deci $P_2/P_t = 0{,}387$, vor rezulta: $E_t = E_1 + \Delta E_1 - \Delta E_2 = (13{,}27 + 2{,}992 - 1{,}796)\ P_i = 1\,446\,600$ kWh/zi, cu producția hidraulică de vârf TH (secundarul turbină-generator) $\Delta E_2 = 1{,}796\ P_i = 179\,600$ și consumul primarului TH (pompa cu generator funcționând ca motor sincron) $\Delta E_1 = 2{,}992\ P_i = 299\,200$ kWh/zi. CT funcționează, în ca la uzini hidroelectrice de 5%, ceeace la transformatorul hidroeneregtic se poate considera că este exagerat).

Prețul energiei rezultat din exploatarea mixtă va fi:

$$p = \frac{1}{E_1}(a_t + a_h + p_e\, c_t\, E_t) = \frac{90690 + 26507 + 0{,}000025 \cdot 3876 \cdot 1446600}{1\,327\,000} = 0{,}194 \text{ lei/kWh.}$$

Se vede că în cazul exploatării mixte, instalând $CT + TH = 61\,300 + 38\,700 = 100\,000$ kW, rezultă energia globală cu —10,2% mai eftină ca în primul caz al CTE singure, tot cu $P_i = 100\,000$ kW.

Efectuând calculele analoage pentru celelalte cazuri arătate în figura 7 cu $P_{s2} = 10\,000$; $P_{v2} = 20\,000$ și $P_{s2} = 30\,000$ kW, la care CT va debita puterile $P_{s1} = 25\,400$; $P_{v1} = 36\,300$; $P_{s1} = 50\,000$ kW, se obține tabela 1 și diagrama fig. 8, care arată că soluția cea mai economică

P_2/P_2	0	0,1	0,2	0,3	0,387
P_t	100 000	90 000	80 000	70 000	61 300
P_1 kW	0	7 400	18 300	32 000	43 300
P_2	0	10 000	20 000	30 000	38 700
E_t	1 327 000	1 336 070	1 359 600	1 399 400	1 446 600
ΔE_1 kWh/zi	0	22 670	81 500	181 200	299 200
ΔE_2	0	13 600	48 900	108 800	179 600
$u = E_t/25\ P_t$	0,5529	0,6186	0,7081	0,833	1,0
c kcal/kWh	4 180	4 108	4 031	3 951	3 876
I_t mil. lei	600	540	480	420	367,8
I_h	0	50	100	150	193,5
a_t lei/zi	148 000	133 000	118 300	103 560	90 690
a_h	0	6 850	13 700	20 548	26 507
p lei/kWh	0,2160	0,2088	0,2027	0,1977	0,1940
%	100	96,7	93,8	91,5	89,8

este dată de compensarea totală cu $P_t = 61\,300$; $P_2 = 38\,700$ și $P_1 = 43\,300$ kW.

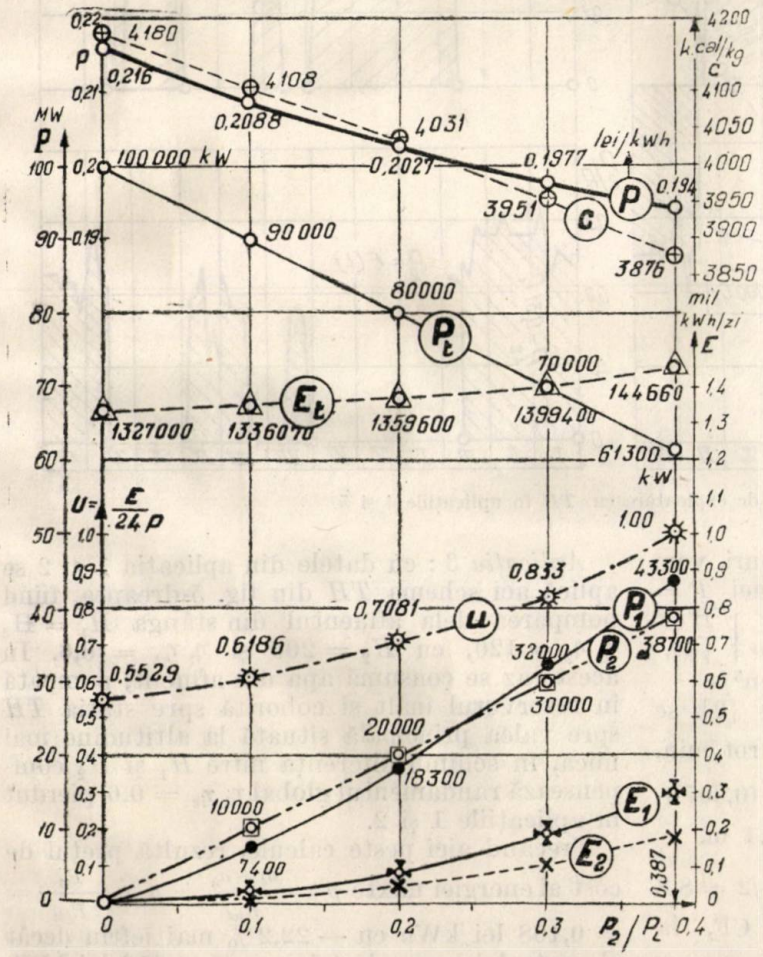


Fig. 8. Diagrama caracteristicilor *TH* la diferite grade de compensație.

La compensarea parțială, deci la $P_2/P_t < 0{,}387$, se recurge numai la nevoie, când mărimea rezervoarelor amonte și aval este limitată de condițiile naturale topografice, geologice, geotehnice și hidrologice.

Aplicația 2: Pe baza compensării zilnice totale prin *TH*, cu $P_2/P_1 = 0{,}387$ din aplicația 1, se determină instalațiile *TH*. Se consideră schema din fig. 4 cu căderea statică medie $H_{0m} = 200$ m cu 2 grupuri *TH*. Primarul com din pompa P cu două etaje antrenată prin turbocupla C_2 de generatorul funcționând ca motor sincron M, are puteri $P_1 = 9{,}810\ Q_1 H_{0m}/\eta_{1m}$ variabile după planul de exploatare din fig. 7 — dreapta jos, consumând energia $\Delta E_1 = 2{,}992\ P_i = 299\,200$ kWh/zi. Secundarul compus din turbina T cuplată direct la generatorul G prin cupla fixă C_1, dă $P_2 = 9{,}81\ Q_2 H_{0m} \eta_{2m}$ după exploatarea din fig. 7-dreapta sus, producând energia de vârf calculată anterior $\Delta E_2 = 1{,}796\ P_i = 179\,600$ kWh/zi, fiind termocentrala plus *TH* echipate pentru $P_i = 100\,000$ kW.

Fiind H_{0m} identic în ecuațiile P_1 și P_2, deasemenea $\eta_{1i} = 0{,}801$; $\eta_{1m} = 0{,}765$; $\eta_{2i} = 0{,}817$; $\eta_{2m} = 0{,}785$, se obține din $P_1 = P_2$ relația $\frac{Q_1}{Q_2} = \eta_{1m}\eta_{2m} \simeq 0{,}6$ și din $\Delta E_2 = 179\,600 = 9{,}81 \frac{V_2}{3600} H_{0m}\eta_{2m}$ rezultă volumul pulsat zilnic dela rezervorul de jos spre cel de sus și viceversa $V_2 = \frac{367\,\Delta E_2}{H_{0m}\eta_{2m}} \simeq 420\,000$ m²/zi.

Socotind suprafața lacului rezervor cu $S = 100\,000$ m², rezultă variația nivelului $\Delta H = V_2/S = 4{,}2$ (2 m în sus deci $H_0^{max} = 202$ și 2,2 m în jos, deci

Institut de Documentare Tehnică
BUCUREȘTI
OBMEN - CSLR
VYMENA - WYMIANA
TAUSCH - ÉCHANGE

$H_0^{min} = 197{,}8$ m). Variația fiind foarte mică ($\pm 1\%$), se calculează cu $H_{0m} = 200$ m.

La putetea maximă instalată în grupurile *TH*, se obțin debitele instalate în :

— primar $Q_{1i} = \frac{P_{1i}\,\eta_{1i}}{9{,}81\,H_{0m}} = \frac{43\,300 \cdot 0{,}801}{9{,}81 \cdot 200} =$

$= 17{,}6$ (m³/s)

— secundar $Q_{2i} = \frac{P_{2i}}{9{,}81 \cdot H_{0m} \cdot \eta_{2i}} =$

$= \frac{38\,700}{9{,}81 \cdot 200 \cdot 0{,}785} = 24{,}2$ (m³/s)

$= 0{,}99$ (fig. 6) și $k = 0{,}78$ la pompe cu stator reglabil și $D_2/D_1 = 2$, deci $c_{u2}\,u_2 = \frac{200}{2 \cdot 0{,}99}\frac{9{,}81}{0{,}8} =$

$= 1240$. Diametrul de intrare în rotor $D_1 =$

$= \sqrt{\frac{1{,}05 \cdot 4\,Q}{0{,}95\,\pi\,c_0}} = 1{,}4$ (cu $c_1 = 6$ m/s la contrapresiune) dă diametrul de ieșire $D_2 = 2\ D_1 =$

$= 2{,}8$ m, cu $u_2 = \pi\,D_2\,\frac{n}{60} = 88$ m/s, sau $c_{u2} =$

$= \frac{1\,240}{88} = 14{,}1$ m/s (față de cea mai mare cădere realizată până acum de 150 m la pompe foarte mari cu 1 etaj, în cazul de față $H_{0m}/2 = 100$ pentru un etaj este ușor realizabil).

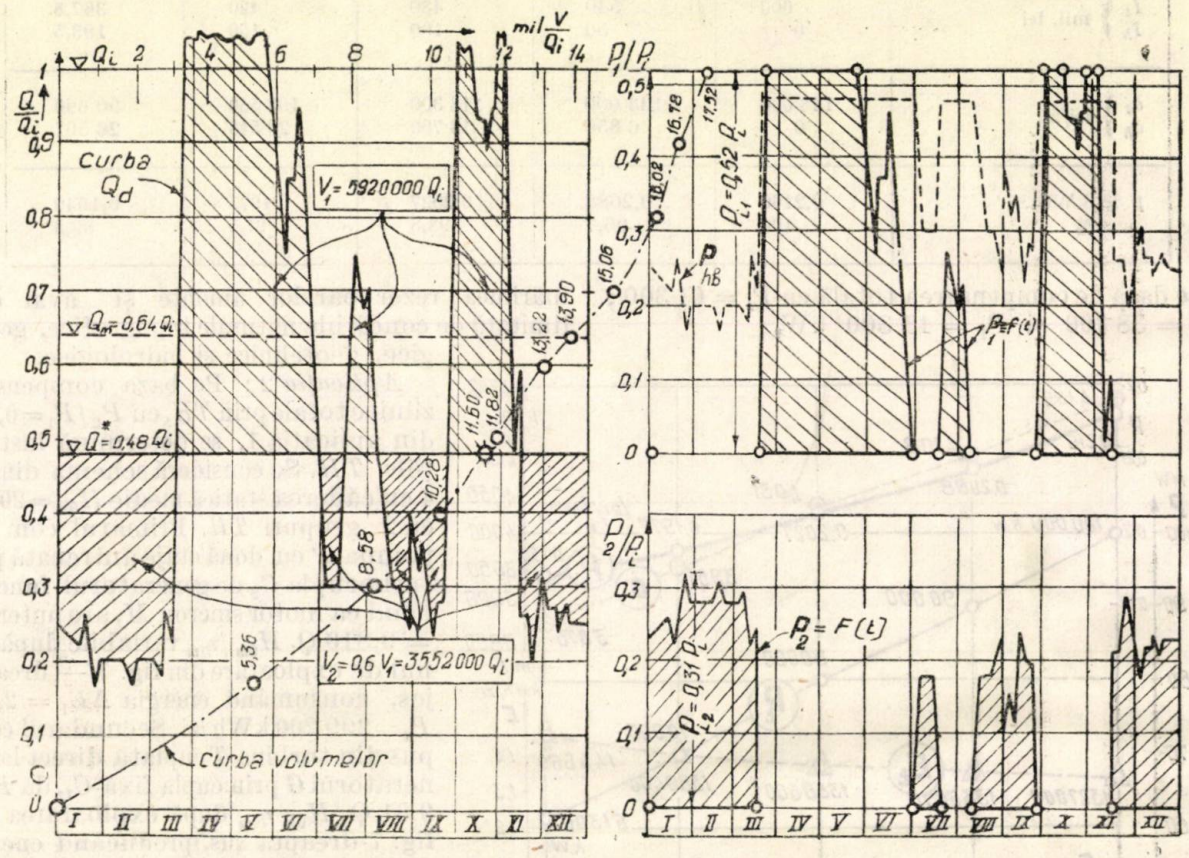


Fig. 9. Planuri de exploatare cu *TH* în aplicațiile 4 și 5.

Stația *TH* fiind compusă din 2 grupuri, vom avea pentru un grup puterea turbinei $P =$

$= \frac{1{,}36}{0{,}965}\,\frac{38\,700}{2} = 27\,400$ CP, cu $n_s = \frac{n}{200}\sqrt{\frac{27\,400}{\sqrt{200}}}$

$= 0{,}22\ n$ și debitul $Q = Q_{2i}/2 = 12{,}1$ m³/s.

Folosind principiul contrapresiunii [2] se poate realiza $n_s = 132$ cu $n = \frac{132}{0{,}22} = 600$ rot/min, cu diametrul rotorului la intrare $D_{1e} = (0{,}307 +$

$+ \frac{160}{n_s} + 0{,}000\,000\,83\ n_s^2)\sqrt{\frac{Q}{\sqrt{H_{0m}}}} = 1{,}4$ m.

Una din pompe va avea $Q = Q_{i1}/2 = 8{,}8$ m²/s, cu $P = \frac{1{,}36}{0{,}96 \cdot 0{,}98}\,P_{1i} = 31\,300$ CP, la $n = 600$ rot/min. Căderea manometrică de refulare va fi inclusiv pierderile de sarcină la unul din cele 2 etaje $\frac{H_{0m}}{2\,\eta_{h1}} = \frac{k}{g}\,c_{u2}\,u_2$, cu $\eta_{h1} =$

Aplicația 3 : cu datele din aplicația 1 și 2 se aplică aci schema *TH* din fig. 5-dreapta, fiind pomparea dela afluentul din stânga $H_1 = H_2$ $\eta_1\,\eta_2 = 120$, cu $H_2 = 200$ și $\eta_1\,\eta_2 = 0{,}6$. In acest caz se consumă apa din afluent, pompată în rezervorul înalt și coborîtă spre stația *TH* spre valea principală situată la altitudine mai mică, în schimb diferența între H_1 și H_2 compensează randamentul global $\eta_1\,\eta_2 = 0{,}6$ pierdut în aplicațiile 1 și 2.

Trecând aici peste calcule, rezultă prețul de cost al energiei mixte $p = \frac{a_t + a_h}{E_{tot}} + p_e\,c_i\,\frac{E_e}{E_{tot}} =$

$= 0{,}168$ lei/kWh cu — 22,2 % mai ieftin decât al centralei termoelectrice pure (0,216 lei/kWh din aplicația 1).

Aplicația 4 : In schema fig. 3, uzina *I* cu lac mare nu poate compensa debitele (fig. 9 stânga)

treptelor în cascadă *II III*. In acest caz rezultă la $Q_i' = Q_m = 0{,}64 \quad Q_i = 63{,}7$ m³/s, $H_{II} + H_{III} = 200$ m, cu $P_i' = 9{,}81 \cdot 63{,}7 \cdot 200 \cdot 0{,}8 = 100\,000$ kW și volumul consumat $V = 13{,}9 \cdot 10^6 Q_i = 1\,384 \cdot 10^6$ m³, cu $Q_i = \frac{Q_m}{0{,}64} = 99{,}5$ m³/s. Stocul anual $V_{st} = Q_m\, 31{,}56 \cdot 10^6 = 3140 \cdot 10^6$ m³, dă coeficientul $u = \frac{V}{V_{st}} = 0{,}491$.

Din cauza lipsei compensației, la treptele din aval puterea minimă scade la $P_{min} = \frac{0{,}17}{0{,}64} P_i' = 26\,550$ kW, așa că este necesară o rezervă termică $P_t = P_i' - P_{min} = 73\,450$ kW și $E_t = (1 - u)\ 8760\ P_i' = 446\,000\,000$ kWh/an, fiind energia hidraulică corespunzătoare lui V de $E_h = u\ 8760\ P_i' = 0{,}491 \cdot 8760 \cdot 100\,000 = 430\,000\,000$ kWh/an.

Investițiile reprezintă $I_h = 8\,000\ P_i' = 800\,000\,000$ lei și $I_t = 6\,000\ P_t = 440\,700000$ lei, iar cheltuielile anuale $A_h = 0{,}05\ I_h = 40\,000\,000$ lei/an și $A_t = 0{,}09\ P_t + p_c c\, E_t = 84\,263\,000$ lei/an cu $p_c = 0{,}000025$ și $c_t = 4000$, ca în aplicația 1.

Prețul de cost al energiei mixte este $p = \frac{A_h + A_t}{E_h + E_t} = 0{,}142$ lei/kWh.

Aplicația 5 : Folosirea *TH*, în locul rezervei termoelectrice din aplicația 4, se face (fig. 3) în centrala *I* cu lacul mare, $H_I = H_{II} + H_{III} = 200$ m. La uzinele *II* + *III*, se justifică o putere instalată mai mare $P_i = 9{,}81 \cdot 99{,}5 \cdot 200 \cdot 0{,}8 = 156\,000$ kW. Cu pomparea prin *TH* rezultă (fig. 9) $Q^* = 0{,}48\ Q_i = 47{,}8$ m³/s și constantele $P^* = 9{,}81\ Q^* \cdot 200 \cdot 0{,}8 = 75\,000$ kW.

Primarul *TH* va avea puterea instalată în electropompe $P_{1i} = 0{,}52\ P_i = 81\,100$ kW și secundarul cu turbina și generatorul $P_{1t} = 0{,}31\ P_i = 48\,400$ kW. Pomparea cu $V_1 = 5920\,000\ Q_i = 589\,000\,000$ m³/an la uzinele *II* + *III* ridică în lacul *I* volumul $V_2 = \eta_1 \eta_2 V_1 = 353\,400\,000$ m³/an.

Rezultă prețul de cost al energiei complect compensate $p^* = \frac{A}{E^*} = 0{,}1095$ lui/kWh, deci aplicarea *TH*, în acest caz, este economică.

Concluzii. Adoptarea principiului combinării transformatorului hidroenergetic *TH* cu uzini hidroelectrice de bază, cu centrale termoelectrice, sau rețele regionale, reprezintă soluții tehnic și economic favorabile.

Soluțiile tehnice sunt foarte variate, cum arată cele câteva exemple descrise mai sus, deaceea problema trebue studiată dela caz la caz.

Față de compensarea energetică prin uzini hidroelectrice cu acumulare proprie, gravitațională (*UHA*), aceea realizată prin *TH* scumpește prețul de cost al energiei, numai când barajele *UHA* se realizează în condiții topografice, geologice și economice favorabile.

Dimpotrivă, când construirea barajelor *UHA* pe valea principală întâmpină dificultăți importante topografice, geologice și pretind modificări de CF, șosele și sate, combinarea cu *TH*, conduce la energii de vârf mai economice.

Aplicarea *TH* la centrale termoelectrice este favorabilă dacă în apropiere se găsește amplasamentul topografic favorabil, care nu este însă posibil în regiunile de șes. Rețele regionale mari favorizează aplicarea unuia sau mai multor *TH*, mai ales dacă aceștia se amplasează cât mai aproape de centrele importante de consum ale regiunii. Cu cât *TH* se concepe mai complect, cu atât crește coeficientul de utilizare, deci și orele de utilizare a *CTE* la 8 000 ore/an.

In toate cazurile, căderile *TH* în raport cu căderile uzinelor de bază pot fi calculate a fi cele mai economice, dacă se ține seama de volumele pompate V_1 și de cele naturale ΔV ale *TH*.

Necesitatea aplicării transformatorilor hidroenergetici se studiază dela caz la caz.

Bibliografie

(1) *Morozov A. A.* : Utilizarea energiei apelor, (Trad. l. rusă), Ed. Tehnică, 1952, pag. 197—201 și 632—637.

(2) *Pavel Dorin* : Turbine cu contrapresiune. Hidrotehnica, nr. 5/1953.

Pavel Dorin : Aplicație hidroenergetică la uzinele fluviale. Hidrotehnica, nr. 8/1951.

★

СТАНЦИИ С ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ТРАНСФОРМАТОРАМИ

Резюме

Гидроаккумулирование перекачиванием представляет собой интересную возможность для повышения экономичности эксплоатации больших энергетических систем. Но своевременность применения гидроаккумулирования с энергетической и экономической точки зрения зависит от многих факторов, между которыми специфика энергопотребления и натуральные благоприятные условия для осуществления установок, имеют решающее значение. В статье излагаются основные принципы и посредством нескольких практических примеров иллюстрируются пути изучения вопросов этого рода.

AVARIILE TURBINELOR CU ABUR ŞI COMBATEREA LOR

Ing. C. DINULESCU

Redacţia revistei invită pe toţi tehnicienii şi inginerii din centralele electrice să expună în paginile revistei cazurile interesante sau tipice de avarii sau de deranjamente ale agregatelor energetice de cazane şi turbine. Prezentate sub formă de articole documentate sau numai ca scurte note informative, aceste comunicări vor contribui mult la cunoaşterea de către personalul secţiilor cazane şi turbine din centralele noastre, a avariilor posibile luând măsurile necesare pentru combaterea sau prevenirea lor.

I. Introducere. In prezentul articol ne propunem să analizăm avariile turbinelor cu abur ce au avut loc în unele centrale electrice în cursul anului 1953 şi să stabilim aspectele comune şi cauzele iniţiale pentru a putea trage concluzii mai generale în vederea prevenirii de avarii în viitor.

II. Scurtă caracterizare a avariilor de turbine cu abur. Grupându-se după aspectul lor comun, avariile pot fi prezentate în următoarea situaţie rezumativă :

Aspectul avariei	Nr. avariilor
1. *Creşterea vitezei până la limite nepermise* . . . Deosebit de acest caz care a condus la avarierea gravă a turbinei prin spargerea carcasei de fontă şi aruncarea paletelor dela ultimele două etaje, a mai avut loc încă un caz de ambalare îngrijorătoare, care putea deasemenea să conducă la un accident grav, dacă personalul de exploatare nu intervenea prompt şi energic. Cauza: Înţepenirea tijelor dela ventilul de închidere rapidă din cauza sărurilor introduse de abur în turbină.	1
2. *Ruperi de palete* . . . . . Cauza comună: Obosirea materialului prin vibraţii.	2
3. *Topirea segmenţilor dela lagărele de presiune axială la turbinele de reacţiune*. . . . . Cauza: Defecte constructive la lagărele de tip vechi sau depăşirea solicitării maxime admisibile în urma creşterii împingerii axiale provocate de depunerile de săruri pe palete sau de condiţii de exploatare anormale.	4
4. *Diverse*	1

III. Concluzii preliminare asupra cauzelor avariilor. Grupând aceleaşi avarii, nu după aspectul lor, ci după cauzele lor iniţiale, căpătăm următoarea situaţie :

Cauza iniţială a avariei	Nr. avariilor
1. *Pătrunderea de săruri în interiorul turbinei* având ca efecte: . . . . . — înţepenirea ventilelor şi deci ambalarea turbinei, — depuneri pe palete şi deci creşterea solicitării lagărelor de presiune axială.	2
2. *Neînlocuirea la timp a paletelor fisurate sau expuse la rupere prin vibraţii*	2
3. *Menţinerea în serviciu a unor lagăre de presiune axială, de construcţie necorespunzătoare*	2
4. *Diverse*	2

Din această expunere succintă a cauzelor avariilor ce au avut loc în anul 1953, se poate trage următoarele concluzii preliminare :

a) 25% din avarii ar fi putut fi evitate, dacă prin măsuri relativ simple de exploatare s'ar fi evitat antrenarea de săruri prin abur sau în cazul când acest lucru nu era posibil, dacă printr'o spălare făcută corect şi la timp s'ar fi îndepărtat sărurile intrate în turbină.

b) 25% din avarii ar fi putut fi evitate dacă :

— printr'un examen minuţios şi cu metode eficace s'ar fi putut descoperi la timp eventualele fisuri la palete ;

— prin măsurarea perioadei proprii de vibraţii la toate pachetele de palete ale etajelor celor mai expuse, s'ar fi putut descoperi paletele la care riscul de a intra în rezonanţă devenea iminent ;

— s'ar fi înlocuit preventiv paletele rotorice peste o anumită înălţime şi având un timp de funcţionare mai mare de 100 000 ore ;

c) circa 25% din avarii ar fi putut să fie evitate dacă în mod preventiv s'ar fi înlocuit lagărele de presiune axială existente cu altele de construcţie nouă.

Asupra posibilităţii de aplicare a unora dintre aceste măsuri vom reveni mai târziu în mod mai amănunţit.

In ceeace priveşte posibilitatea reducerii avariilor printr'o mai bună instruire a personalului de exploatare şi o mai îngrijită organizare a manevrelor în împrejurări speciale, concluzia ce se desprinde din situaţia de mai sus este că numai asupra circa 33% din cazuri, personalul de exploatare ar fi putut interveni şi influenţa.

IV. **Cercetarea mai amănunţită a avariilor analizate.** Pentru o mai complectă edificare a tehnicienilor şi inginerilor din secţiile de turbine, vom insista mai mult asupra cazurilor la care explicaţia cauzei era mai greu de găsit. Pentru fiecare caz în parte vom indica împrejurările şi efectele avariilor, precum şi măsurile de combatere.

Cazul Nr. 1. *Avarierea unei turbine prin creşterea vitezei până la o valoare nepermisă.*

Caracteristicile turbinei avariate sunt următoarele : puterea nominală : 4800 kW ; viteza : 300 rot/min ; parametrii aburului : 13 ata, 310°C ; reglarea vitezei : printr'un singur ventil care joacă şi rolul de ventil de închidere rapidă.

Imprejurările în care s'a petrecut avaria sunt următoarele :

— Puterea disponibilă a turbinei scăzând din cauza depunerilor de săruri, conducerea

centralei a hotărît oprirea turbinei şi spălarea cu abur umed la viteză redusă.

Inainte de ora programată operaţiei de spălare şi fără să aştepte sosirea responsabilului cu manevra, şeful de tură a început operaţia de spălare deschizând un ventil de apă destinat umezirii aburului, imediat ce a fost anunţat dela camera de comandă că generatorul a fost deconectat.

Fără să lase un mecanic în faţa turbinei pentru supraveghere, şeful de tură a părăsit turbina pentru a controla o altă maşină.

In intervalul de circa 7 minute cât turbina a rămas necontrolată, s'a produs ambalarea până la o valoare foarte ridicată a vitezei, care a antrenat succesiv :

a) strivirea materialului la suprafaţa de contact între piciorul paletei şi canalul de încastrare ;

b) alungirea picioarelor paletelor în secţiunea cea mai redusă ;

c) atingerea vârfurilor paletelor de carcasă ;

d) eşirea majorităţii paletelor din locaşul de fixare la ultimele două roţi ;

e) ruperea restului paletelor nearuncate prin solicitări combinate la încovoiere şi tracţiune ;

f) ruperea unei porţiuni din coroana unei diagrame care proiectată către exterior a spart carcasa de fontă.

Explicarea ambalării este următoarea :

Depunerile de săruri existente pe căile de trecere a aburului (sita de protecţie, ventil, duze, etc.), reduceau mult secţiunile de trecere şi deci şi debitul de abur. Deşi ventilul era blocat, tot din cauza sărurilor (depuse pe tije) în poziţie parţial deschisă, turbina nu s'a ambalat imediat după deconectarea generatorului, pentrucă debitul de abur era redus.

După introducerea apei în circuitul de abur, aburul umed a dizolvat şi antrenat sărurile de pe sită, ventil şi duze, mărind prin aceasta secţiunile de trecere şi deci debitul de abur, ceeace a permis ambalarea turbinei înainte ca să fi fost liberat ventilul prin dizolvarea sărurilor de pe tijă.

Avaria nu s'ar fi putut produce dacă şeful de tură nu ar fi comis două greşeli grave :

a) de a fi început singur manevra fără să fie asistat de responsabilul operaţiei,

b) de a fi lăsat nesupraveghiată turbina care se găsea într'o situaţie anormală de funcţionare.

Conducerea centralei deasemenea a avut următoarele deficienţe :

a) de a nu fi redactat dispoziţia de lucru,

b) de a nu fi impus şefului secţiei turbine să asiste la această operaţie specială.

Pentru a evita repetarea unor avarii aşa de grave, conducerile centralelor trebue să introducă în instrucţiunile tehnice de exploatare următoarele dispoziţii :

1. Şeful secţiei turbine să asiste necondiţionat la orice operaţie sau manevră specială.

2. Personalul de exploatare va supraveghia permanent grupurile turbogeneratoare în afară de perioadele când maşinile sunt predate echipelor de reparaţii pentru revizii şi reparaţii, în care timp răspunderea supravegherii revine asupra echipelor de reparaţii până la predarea lor operativă în exploatare.

3. Turbinele mai vechi şi care au un singur ventil de reglaj şi de închidere pentru protecţia contra ambalării, trebue să fie special supraveghiate atât la deconectare, cât şi după deconectare. Se vor lua măsuri ca ventilul de pe conducta de alimentare a turbinei să fie pregătit pentru închiderea cât mai rapidă a aburului de către personalul manevrant.

4. Controlul dispozitivului automat de închidere rapidă să se facă corect şi la perioadele prescrise de prescripţiile de exploatare sau de acele ale firmei furnizoare.

5. Să se respecte riguros normele sau programul impus de constructor pentru evitarea înţepenirii ventilului de închidere rapidă şi a supapelor de reglaj la turbinele ce funcţionează cu sarcină foarte constantă, prin plimbarea periodică a tijelor.

6. Să se ia măsuri pentru îmbunătăţirea epurării apei în scopul evitării antrenării sărurilor şi depunerilor lor pe paletele turbinei şi pe tijele supapelor.

Deasemenea, se vor lua măsuri pentru separarea apei din abur şi spălarea aburului la eşirea din tamburul cazanului.

7. Să se urmărească depunerile de săruri pe ventilele turbinei, observând poziţia ventilelor de reglare la funcţionarea în gol.

8. Spălarea turbinelor se va executa după instrucţiuni locale, care vor fi prelucrate în amănunt cu personalul executant.

Lucrarea se va executa pe baza unui program de lucru indicând condiţiile speciale de executare.

9. Se vor lua măsuri pentru evitarea manevrării ventilelor care ar permite intrarea aburului umed sau a apei în turbină, în timpul exploatării normale (de exemplu : prin blocarea ventilelor respective, etc.).

C a z u l Nr. 2. *Topirea segmenţilor lagărului de presiune axială din cauza depunerilor de săruri pe palete.* Caracteristicile turbinei avariate sunt : cu reacţiune, 5250 kW, 3000 rot/min, 30 at, 400°C, s'au avariat : pistonul de egalizare, labirintul pistonului de egalizare, labirintul din faţă şi segmenţii dela lagărul de presiune axială.

Avaria putea să ia proporţii şi mai mari dacă personalul de exploatare ar mai fi întârziat cu oprirea grupului.

Avarii asemănătoare s'au mai petrecut şi la alte turbine, iar în cazul de mai sus, aceeaşi avarie s'a mai petrecut în mod identic în trecut, încă de două ori, fără totuşi să se fi tras cuvenitele învăţăminte.

In majoritatea cazurilor, depunerile de săruri sunt mai importante între paletele motrice, decât în ajutajele directoare, ceeace are drept consecinţă creşterea gradului de reacţiune şi deci mărirea împingerii axiale în lagărul de presiune către condensator. In cazul de faţă, s'au topit

segmenții care lucrează la împingere în sens opus.

Explicația acestei anomalii aparente este următoarea :

In stare curată a paletelor sau în cazul depunerilor uniforme de săruri în toate treptele, pistonul de compensație dela turbinele cu reacțiune, echilibrează împingerile în cele două sensuri și deci, rezultanta acestora este nulă sau foarte redusă.

Dacă însă depunerile nu sunt uniforme și au loc mai mult la treptele din spate, rezultanta împingerilor este dirijată către condensator și invers. In cazul expus, chiar prima treaptă era complect obstruată și deci, rezultanta era foarte mare și dirijată către regulator.

La turbinele cu acțiune, la care nu există piston de compensație, situația se agravează și prin aceea că diferențele de presiune care apar la palete se exercită asupra întregii suprafețe a discurilor.

In afară de creșterea împingerii axiale, care poate duce la distrugerea lagărului de presiune, depunerile de săruri conduc și la solicitări exagerate a paletelor și diafragmelor, ca urmare a schimbării repartiției căderilor termice între trepte. Cele mai expuse din această cauză sunt ultimele trepte, la care depunerile importante pot să antreneze chiar ruperi de palete și deformări de diagrame până la atingerea discului următor.

In concluzie, depunerile de săruri au ca efect :

a) micșorarea debitului de abur și deci a sarcinii, dacă supapele de distribuție rămân neschimbate ;

b) creșterea la debit constant de abur a presiunii înaintea treptelor obstruate și deci, creșterea solicitării în diafragme și paletele ultimelor trepte și a lagărului de presiune.

Aceste efecte vătămătoare pot fi combătute pe următoarele căi :

1. Controlul apei din cazane.

2. Separația și spălarea aburului la eșirea din tambur.

3. Urmărirea presiunii aburului la treapta de control.

4. Spălarea turbinei când depunerile au atins o anumită valoare.

Pentru evitarea avariilor produse de săruri, conducerile centralelor trebue să respecte următoarele dispoziții :

1. Pentru observarea stării depunerilor de sare la fiecare turbină, trebue organizat un control sistematic al creșterii depunerilor.

Controlul se efectuează urmărind creșterea presiunii aburului în minimum 2 puncte, la consum de abur neschimbat. Ca presiuni de control pot sluji : presiunea după supapele de distribuție, după treapta de regulare, în camera de suprasarcină și în camerele de preluare de abur pentru regenerație sau termoficare.

La turbinele cu condensație pură, controlul depunerilor poate fi complectat și prin scăderea puterii turbinei la presiune neschimbată, fie după supapele de distribuție, fie după treapta de regulare.

Pentruca controlul să fie cât mai concludent, se notează într'un registru special parametrii de funcționare ai turbinei la un consum de abur proaspăt constant (spre exemplu, cu 15% mai scăzut decât cel nominal) la aceeași parametrii inițiali (presiune și temperatură abur și vacuum) și la aceeași schemă de regenerare.

La turbinele cu preluări de abur sub presiune regulată, înregistrările trebue să se facă la două consumuri de abur cele mai frecvente în exploatare și anume :

a) cât mai apropiat de consumul maxim prin cilindrul de presiune ridicată ; *b*) cât mai apropiat de consumul maxim prin cilindrul de presiune joasă (după preluarea regulată).

Inregistrarea parametrilor pentru urmărirea depunerilor se face conform modelului de mai jos, în care prima înscriere se face imediat după reparație sau revizie, când paletele sunt curățate.

Creșterea relativă a presiunii în treapta de control se calculează cu formula :

$$\Delta p_c = \frac{p_c^2 - p_c^1}{p_c^1} 100$$

în care p_c^1 și p_c^2 sunt presiunile după treapta de control în stare curată, respectiv cu depuneri.

2. Limitarea creșterii presiunii după treapta de control în comparație cu paletele curate, se stabilește (dacă nu există cifre fixate de fabrica furnizoare) la 15% pentru turbinele cu acțiune de presiune medie (până la 30 at) și numai la 5% pentru turbinele de presiune ridicată.

La turbinele cu reacțiune având piston de compensație, aceste limite cresc până la 20%, respectiv 10%.

3. Dacă reducerea puterii turbinei are loc din cauza depunerilor pe palete, este interzis să se mărească debitul de abur folosind eventuala rezervă disponibilă în supapele de distribuție sau mărind presiunea inițială a aburului.

Deschiderea supapelor normale sau a celor de suprasarcină este permisă numai până la atingerea debitului de abur corespunzător puterii nominale în stare curată a paletelor.

Tabela 1

Controlul depunerilor de săruri la turbina Nr.....

1. Nr înregistrării		1	2	3	4
2. Data înregistrării					
3. Consum abur proaspăt	to/h				
4. Consum abur prin cilindrul de joasă presiune (după priza regulată)	to/h				
5. Presiune abur proaspăt	at. r				
6. Temperatură abur proaspăt	°C				
7. Presiune abur la priza regulată	at. r				
8. Presiune abur la ieșire din turbine	at. r				
9. Presiune abur în treapta de control Nr. 1	at. r				
10. Idem în treapta Nr. 2	at. r				
11. Creșterea relativă a presiunii în treapta de control Nr. 1	%				
12. Idem în treapta Nr. 2	%				

4. Când puterea nominală a turbinei scade din cauza depunerilor de săruri, sau dacă creşterea presiunii aburului după treapta de control a atins limitele indicate mai sus la pct. 2, trebue să se organizeze spălarea sub sarcină a turbinei sau să se ia alte măsuri de îndepărtare a depunerilor.

C a z u l Nr. 3. *Avarierea unei turbine din cauza lagărului de presiune necorespunzător şi a uzurii avansate a paletelor şi sârmelor de amortizare.*

Caracteristicile turbinei sunt: 6 00 kW, 3000 rot/min, 18 at, 350°C, fabricat B B C, de tip cu reacţiune. Tipul lagărului de împingere axială: sistem cu segmenţi model vechi (segmenţi rezemaţi pe bile).

Imprejurările în care a început avaria sunt următoarele: Agregatul fiind în exploatare normală cu sarcină de 3800 kW, cu parametrii normali ai aburului, cu uleiul în bună stare şi fără un început de încălzire anormală a lagărului de presiune, mecanicul de serviciu a observat eşire de fum din rezervorul de ulei al turbinei. Controlând încălzirea lagărului, atât manual cât şi prin termometrul indicator al temperaturii uleiului chiar la eşirea din lagăr, mecanicul a constatat o creştere a temperaturii cu 5°C. Degajarea de fum agravându-se, mecanicul a dispus oprirea agregatului, deşi nicio altă perturbaţie: vibraţii, zgomote interne, etc., nu fusese observată.

La deschiderea turbinei s'au constatat următoarele:

a) bronzul topit pe o adâncime de circa 0,7 mm pe faţa de alunecare a segmenţilor;

b) fisurarea segmenţilor în vecinătatea pastilelor de reazim pe bile;

c) pe discul de apăsare urme de bronz antrenat de pe segmenţi;

d) paletele motrice dela treptele 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, — uşor deformate: atât vârfurile cât şi muchiile de intrare către vârf;

e) o parte din sârmele amortizoare dela treptele 1—10 rupte;

f) muchia inelului de etanşare dela eşirea uleiului din lagărul de presiune, tocită;

g) muchiile de eşire la mai multe palete din treptele 1—10 rupte pe lungimi variind între 5—15 mm.

Cercetându-se amănunţit cauzele, s'a stabilit că avaria nu se datoreşte unei cauze unice, ci unui ansamblu de cauze şi anume:

a) modelul de lagăr de presiune avea o serie de imperfecţiuni (repartiţie neuniformă a apăsării pe segmenţi, orientare nesigură pentru obţinerea efectului de pană, circulaţia uleiului, etc.) pentru care firma constructoare nu-l mai foloseşte, înlocuindu-l cu un alt model.

b) deşi la ultima revizie generală lagărul nu prezenta semne de uzură îngrijorătoare, starea lui nu era totuşi perfectă şi anume: segmenţii, pastilele, bilele prezentau începuturi de deformări care reduceau capacitatea de prelucrare a împingerii.

c) uzura muchiei inelului de etanşare a uleiului la eşirea din lagăr micşora siguranţa alimentării cu ulei a segmenţilor de pe jumătatea superioară.

d) deformarea muchiilor de intrare a paletelor şi a vârfurilor lor la 8 trepte a antrenat o creştere a împingerii axiale către cuplă.

e) bucăţile de sârmă rupte, precum şi muchiile de palete desfăcute aruncate către exterior şi prinse între carcasa conică şi vârfurile paletelor au exercitat o forţă orizontală dirijată tot către cuplă.

Desfăşurarea în timp a avariei a fost probabil următoarea, fără să se poată preciza perioada:

Sârmele de amortizare dela primele trepte fiind uzate prin corodare, erodare şi vibraţii în timp îndelungat (circa 23 ani) şi având şi diametrul redus, au devenit nesigure.

Una sau mai multe bucăţi din muchiile de ieşire a paletelor slăbite aşa cum s'a arătat mai sus, s'au desfăcut şi fiind proiectate către exterior şi în sensul de scurgere a aburului, au provocat ruperea sârmelor întâlnite în drumul lor; aceste sârme la rândul lor au provocat ruperea altora şi eventual chiar a muchiilor de palete slăbite, căpătând astfel un aspect accelerat. Evident că ruperea unei sârme într'un punct a favorizat ruperea sârmei din acelaşi pachet de palete şi în alte puncte.

Prin poziţia luată, aceste bucăţi de sârmă şi de palete rupte au provocat deformarea muchiilor de intrare la paletele de alamă (treptele 12—19), precum şi apăsarea axială la vârfurile unor palete care au dus la creşterea împingerii axiale.

Capacitatea de rezistenţă a lagărului fiind redusă din cauzele arătate mai sus şi în special repartiţia uniformă nefiind asigurată, a fost suficientă o creştere relativ mică a apăsării pentru a declanşa încălzirea anormală a unui segment şi apoi succesiv şi a celorlalte.

Pentru evitarea repetării unor astfel de avarii, conducerile centralelor trebue să ia următoarele măsuri:

1. Inlocuirea preventivă a sârmelor de amortizare slăbite, cu urme de uzură.

La primele trepte la care sârmele sunt subţiri şi a căror rupere are consecinţe mai grave, este indicat ca ele să fie înlocuite preventiv după maximum 100 000 ore (sau maximum 12 ani) de funcţionare, chiar dacă aspectul lor exterior este încă satisfăcător.

2. Muchiile de eşire ale paletelor care sunt deja desfăcute parţial, să fie îndepărtate.

3. La reviziile generale să se cerceteze atent starea inelelor de etanşare de eşire a uleiului din lagărul de presiune din punct de vedere al centrării şi uzurii muchiilor.

4. După fiecare revizie să se controleze circulaţia uleiului prin lagărul de presiune, în felul următor: agregatul fiind oprit şi capacul lagărului demontat, se porneşte pompa auxiliară de ulei, reglându-se presiunea de ulei la valoarea normală şi se observă scurgerea uleiului din lagăr.

5. Instalarea unui manometru cu scara max. 5 m (0,5 at) pe conducta de aducere a uleiului, chiar la intrarea în lagăr.

6) Dacă turbina nu are un termometru special pentru indicarea temperaturii uleiului chiar la eşirea din lagărul de presiune, se va monta un astfel de termometru a cărui indicaţie se va înscrie în raportul zilnic al turbinei. Printr'o circulară se va atrage atenţia asupra acestei indicaţii, orice început de creştere fiind un indiciu sigur al unui început de perturbaţie sau chiar de avarie. Dacă împingerea axială este preluată de două discuri separate, trebue să se instaleze câte un termometru pentru fiecare disc.

7. Pentru a putea descoperi cât mai comod, mai sigur şi mai urgent degajarea de fum ce rezultă din încălzirea lagărului, se recomandă să se creeze o posibilitate de ieşire a fumului (printr'o conductă de circa 1") din camera de scurgere a uleiului din lagăr.

8. Inlocuirea preventivă a lagărelor de presiune axială sistem BBC de model vechi (segmenţi rezemaţi pe bile). Pentru lagărele de altă construcţie a căror funcţionare până în prezent n'a fost ireproşabilă, se va face consultarea fabricii respective, dacă n'a schimbat între timp construcţia.

9. Inlocuirea preventivă după o perioadă de funcţionare de circa 100 000 ore a paletelor al căror aspect exterior nu mai este satisfăcător, sau care la turbine identice au dat loc la avarii.

Cazul Nr. 4. *Avarierea unei turbine din cauza creşterii presiunii în condensator.*

Caracteristicile turbinei sunt: 4500 kW, fabricat BBC cu reacţiune, 25 at, 400°C, 3000 rot/min.

Imprejurările în care s'a petrecut avaria sunt următoarele:

Cu circa 10 ore înainte, grupul turbogenerator declanşase electric, ceeace a antrenat declanşarea prin suprasarcină şi a celorlalte grupuri lucrând în paralel şi deci rămânerea fără tensiune a întregei centrale. Dezamorsarea pompelor de condensaţie a provocat creşterea presiunii în condensator până la funcţionarea supapei de siguranţă.

La reintrarea în funcţie normală, încălzirea uleiului în lagărul de presiune a crescut cu 3°C.

După o funcţionare normală de circa 10 ore, fără nicio cauză aparentă, temperatura uleiului la lagărul de presiune a început să crească repede, ceeace a determinat oprirea turbinei.

Avarii constatate: deteriorarea labirinţilor de etanşare ai pistonului de echilibrare şi topirea segmenţilor R_2 de împingere axială către regulator pe o adâncime de circa 3 mm.

Explicarea probabilă a avariei este următoarea: din încălzirea în funcţionare normală a segmenţilor R_2 ce preiau împingerea axială către regulator, rezultă că pistonul de echilibrare nu este corect dimensionat şi că forţa neechilibrată la sarcina normală este dirijată către regulator.

Pe de altă parte, la primul deranjament creşterea presiunii în condensator până la o valoare superioară celei de 1 ata, a schimbat fundamental repartiţia presiunilor în interiorul turbinei, ceeace a provocat o creştere a împingerii către regulator, mărind astfel împingerea existentă în condiţiile normale de lucru. Solicitarea segmenţilor de presiune depăşind valoarea maximă admisibilă (după un calcul sumar, solicitarea a atins dublul valorii admisibile) încălzirea a crescut până la punctul de topire al metalului (bronz) şi acesta a fost antrenat de către discul de reazem. Totuşi, acest început de topire a segmenţilor nu s'a continuat, atât din cauza revenirii la normal a presiunilor în condensator şi turbină, cât şi din cauză că o parte din împingere era preluată prin labirinţii pistonului de echilibrare care începuseră să se atingă.

Starea suprafeţelor de alunecare a segmenţilor a rămas încă bună, astfel încât ungerea se făcea în condiţii satisfăcătoare, singura consecinţă fiind creşterea încălzirii cu 3°C. Că metalul topit şi antrenat dela un segment n'a ajuns la segmentul următor, se poate explica prin distanţa mare între segmenţi (construcţie relativ nouă, cu număr mic de segmenţi) şi prin debitul mare de ulei care a antrenat şi scos afară din lagăr bucăţelele de metal topit.

Deplasarea rotorului către regulator din cauza începutului de topire a segmenţilor, a redus jocurile la labirintul pistonului de echilibrare; prin aceasta, debitul de abur prin labirinţi a scăzut şi deci a favorizat creşterea împingerii axiale către regulator.

Avaria s'a continuat şi desăvârşit după pătrunderea uneia sau mai multor bucăţi de metal între segmenţi şi disc. Această explicaţie este întărită şi prin rizurile ce s'au observat la segmenţii opuşi R_1 *). Intrucât aceşti segmenţi sunt în mod continuu descărcaţi şi pentrucă la ultima revizie fuseseră găsiţi în perfectă stare, rezultă că aceste rizuri nu s'au putut produce decât în urma avariei petrecute la R_2. Nu este probabil ca rizurile să se fi produs în ultima fază a avariei segmenţilor R_2, pentrucă prin topirea acestora, contactul între segmenţii R_1 şi discul de reazem a încetat. Este deci sigur că rizurile la R_1 s'au produs în intervalul dintre faza de amorsare şi cea finală a avariei.

Pentru evitarea unor astfel de avarii, se recomandă conducerii centralelor electrice următoarele măsuri:

1. Să se evite cu orice chip creşterea presiunii în condensator şi în special la turbinele a căror împingere axială neechilibrată este dirijată către regulator. Sensul de împingere se poate stabili (dacă nu există indicator special) prin compararea încălzirii celor două şiruri de segmenţi, cu termometre precise.

Dacă nu se poate evita întreruperea circulaţiei apei de răcire prin condensatori, se va închide cât mai iute şi mai complect intrarea aburului în turbine.

*) De împingere axială către cuplă.

2. Să se controleze periodic modul de funcţionare a supapei de siguranţă pentru a preveni eventuale înţepeniri. In acelaşi timp, se va controla şi starea conductelor de evacuare în atmosferă pe care lucrează supapa de siguranţă, cunoscând că orice rezistenţă în plus la scurgerea aburului antrenează creşterea presiunii în condensator.

3. Dacă cu toate măsurile luate, nu s'a putut evita în anumite împrejurări grele, creşterea presiunii în condensator, şi deci este de presupus un început de avarie a lagărului de presiune, se va proceda la un control preventiv al acestuia imediat ce se va putea opri turbina. Dacă termometrele celor două şiruri de segmenţi indică o creştere a încălzirii faţă de situaţia anterioară, oprirea trebue să se facă cât mai neîntârziat; până la oprire, se va observa în mod continuu încălzirea de către un om însărcinat special pentru acest scop.

4. Să se cerceteze dacă nu a existat dela montaj sau dacă n'a apărut ulterior o cauză de creştere importantă a împingerii axiale, spre exemplu :

a) aşezarea disimetrică a rotorului în statorul generatorului, în cazul cuplării rigide între turbine şi generator;

b) schimbarea stării presiunilor din cauza uzurii foarte pronunţate a labirinţilor etanşării exterioare la mare presiune sau a pistonului de echilibrare sau la cele intermediare (la turbinele cu acţiune).

Cazul Nr. 5. *Avarierea unei turbine din cauza insuficienţei drenării apei condensate.*

Caracteristicile turbinei sunt : 2000 kW, 25 ata, 380 C, 3000 rot/min, construcţie Erste Brüner.

Specific acestei construcţii este aşezarea celor trei supape de distribuţie nu direct pe corpul turbinei, ci alături, ceeace comportă racordarea între supape şi camerele ajutajelor prin conducte îndoite în formă de U. Drenarea apei ce s'ar putea condensa în aceste conducte se face în condensator într'o oală de condensaţie şi prin orificii de strangulare montate la partea inferioară a conductelor. Pentru a reduce pierderile de abur prin aceste orificii, diametrul acestora este de ordinul 1,5 mm.

Avariile constatate : Ruperea câtorva palete statorice din prima treaptă de reacţiune şi îndoirea paletelor statorice din primele trei trepte de reacţiune. In afară de aceasta s'a mai observat câteva urme de trecere prin palete a unor corpuri străine, a căror provenienţă a fost identificată : bucăţile mici de fontă din carcasa turbinei.

Imprejurările în care s'a produs avaria sunt :

După o oprire de circa o săptămână, grupul a fost pus normal în funcţiune pentru încercarea periilor de cărbune. Incălzirea turbinei, creşterea vitezei şi a sarcinii până la 1500 kW s'a făcut în timp normal şi nu s'a observat niciun fel de vibraţii sau alt fenomen anormal. La circa 1/2 h după punerea în paralel, mecanicul a auzit un fâşâit special şi apoi după circa 2 minute turbina a început să vibreze.

Din aspectul avariei şi a condiţiilor de pornire rezultă că singura explicaţie este următoarea : în conducta de legătură a supapei Nr. 3 s'a strâns apa din condensarea aburului intrat în sens invers prin ajutajele corespunzătoare.

In momentul în care creşterea sarcinii a provocat deschiderea supapei Nr. 3, apa din conductă a fost aruncată în turbină prin ajutajele respective, ceeace a produs răcirea şi apoi o uşoară contractare şi deformare a carcasei pe generatricea corespunzătoare. Interstiţiile între vârfurile paletelor statorice în corpul rotorului fiind foarte mici (mai mici de 1 mm), rotorul a început să atingă vârfurile paletelor, ceeace a fost favorizat şi de două neregularităţi locale ale rotorului.

Atingerea rotorului de palete a antrenat îndoirea paletelor, vibraţiile grupului şi detaşarea de bucăţile de fontă din carcasa în regiunea în care aceasta prezintă semne vizibile de corodare importantă.

Explicaţia poate fi întărită şi prin următoarele constatări :

a) zgomotul special de fâşâit auzit de mecanic cu circa 2 minute înainte de apariţia vibraţiilor a fost produs de scurgerea apei prin ajutaje şi palete.

b) poziţia paletelor statorice avariate mai grav corespunde cu generatricea locului de intrare a aburului din supapa III-a. Cu aceeaşi generatrice corespunde şi zona de corodare a carcasei de fontă, ceeace dovedeşte că fenomenul de pătrundere de abur umed sau chiar de apă prin conducta supapei Nr. 3 s'a petrecut şi mai înainte.

Deşi oala de condensaţie a fost găsită în ordine şi deşi orificiul de scurgere n'a fost găsit înfundat, strângerea apei în conducte a putut fi uşurată de :

— faptul că conducta respectivă nu era izolată şi deci condensarea era intensificată;

— debitul de scurgere al sistemului orificiu-oală de condensat putea să fi fost micşorat printr'o impuritate ajunsă în orificiu ($D = 15$ mm) şi care să fi dispărut ulterior din cauza vibraţiilor sau a creşterii presiunii în conductă.

Dar chiar dacă sistemul de drenare era în perfectă ordine, prezenţa apei se poate explica şi numai prin creşterea debitului condensat peste cel nominal de drenare.

Mai trebue relevat şi faptul că conducta fiind neizolată, temperatura apei strânse putea fi mult sub aceea de condensare corespunzătoare presiunii şi deci efectul de contragere-deformare a carcasei era mărit.

Pentru a evita repetarea unor astfel de avarii, se recomandă inginerilor şefi şi şefilor secţiilor de turbine din C. E. să ia următoarele măsuri speciale pentru turbinele la care supapele de distribuţie nu sunt montate deasupra ajutajelor respective, ci alături de turbină (sistem Erste Brüner, etc.).

1. Conductele de legătură între supapele de distribuție și corpul turbinei să fie bine izolate.

2. Sistemul de drenare să fie controlat conștiincios la fiecare revizie sau reparație. Controluri preventive se vor face chiar la opririle de scurtă durată.

3. La reparațiile generale se vor controla și sufla cu abur sau cu aer comprimat, conductele de legătură.

4. La deschiderea turbinei se va controla apariția de coroziuni la locurile de intrare a aburului.

5. Eventualele zone de corodare sau de defecte de turnare vor fi curățite preventiv la fiecare revizie.

C a z u l Nr. 6. *Topirea segmenților lagărului de presiune din cauza construcției necorespunzătoare și a temperaturii scăzute a uleiului.*

Caracteristicile turbinei: 3000 kW, 3000 rot/min, 30 at, 380°C, de tipul cu reacțiune.

Efectele avariei au fost limitate la topirea compoziției segmenților pe o adâncime de circa 2 mm.

Avaria s'a petrecut la circa 6 ore după repunerea în funcție a turbinei ce fusese oprită.

Neajunsurile lagărului de presiune axială care este de model vechi (la care fabrica respectivă a renunțat de mult) sunt următoarele:

— din cauza neelasticității plăcii de reazem sarcina între segmenți nu se repartizează automat cum se face la modele noi;

— linia de oscilație a segmenților nu este judicios dispusă și deci obținerea efectului de pană a filmului de ulei este nesigură.

Deosebit de aceste neajunsuri constructive, jocul axial era de 0,2 mm și deci prea redus.

Aceste neajunsuri constructive și de montaj, combinate cu eroarea făcută de personalul de exploatare de a fi ridicat viteza turbinii înainte ca uleiul să fi atins temperatura minimă necesară, respectiv fluiditatea potrivită, explică avarierea succesivă a segmenților. Avarii identice s'au mai petrecut la aceeași turbină încă de două ori, în trecut.

Deosebit de măsurile preventive indicate la sfârșitul cazului Nr. 3, conducerile centralelor trebue să introducă și următoarele măsuri complimentare:

1. Inlocuirea fără întârziere a lagărelor axiale de tip vechi, care au mai dat loc în trecut la avarii fără să fi fost supuse la solicitări anormale.

2. Să se respecte riguros dispoziția prin care:

—se interzice depășirea vitezei de 500 rot/min înainte ca temperatura uleiului la intrarea în lagăre să fi atins valoarea minimă de 35°C;

— se fixează la 45°C (dacă fabricantul nu a indicat o altă valoare) temperatura uleiului la intrarea în lagăre în timpul exploatării.

3. Să se mărească jocul axial la 0,3 mm la lagărele axiale care n'au dat rezultate bune cu jocuri mai mici sau dacă uleiul este mai vâscos decât normal.

C a z u r i l e Nr. 7 și 8. *Ruperi de palete.*

C a z u l Nr. 7. Caracteristicile turbinei: 12.000 kW, 3000 rot/min, 20 at, 380°C, de tipul cu reacțiune. Ruperea unei palete care era fisurată mai demult în secțiunea cea mai solicitată și care s'a rupt complect, antrenând avarierea paletelor dela două etaje învecinate.

C a z u l Nr. 8. Caracteristicile turbinei: 18.000 kW, 3000 rot/min, 20 at, 380 C de tipul cu reacțiune. Una din paletele înlocuite de curând prezenta o fisură la gaura prin care trece sârma de amortizare a vibrațiilor, vârful paletei s'a rupt după un timp foarte scurt de funcționare și a mai rupt câteva vârfuri.

Explicația comună a producerii prin vibrații a unei fisuri sau a desăvârșirii ruperii prin vibrații a unei palete deja fisurate este următoarea: producerea unei fisuri într'o paletă sănătoasă sau ruperea unei palete fisurate supuse la vibrații se produce într'un timp cu atât mai scurt cu cât solicitarea statică este mai ridicată și cu cât frecvența vibrațiilor impuse, rezultate din scurgerea aburului este mai aproape de frecvența proprie de vibrație a paletei respective. Dacă diferența între cele două frecvențe este mai mică decât o anumită limită, ruperea devine iminentă; numai paletele dimensionate foarte larg pot funcționa în mod sigur în astfel de condiții. Cu paletele normal dimensionate, funcționarea în apropierea de rezonanță nu este posibilă și deci trebue evitată cu orice chip.

Măsurile preventive ce se pot recomanda sunt:

1. Descoperirea paletelor fisurate și îndepărtarea lor cu ocazia reparațiilor capitale.

2. Urmărirea sistematică prin măsurători periodice a frecvenței proprii de vibrații pentru a determina timpul în care apropierea de rezonanță devine periculoasă.

3. Evitarea funcționării chiar pentru perioade scurte cu frecvență diferită de cea normală, care ar putea mări riscul de apropiere de zona periculoasă de rezonanță.

V. **Stadiul actual al posibilităților de control preventiv al stării paletelor.** A) *Descoperirea fisurilor existente.* Până în prezent s'au folosit:

a) Metoda sonoră, de ciocănire a fiecărei palete cu un ciocan de 60—100 g și de ascultat sgomotul produs.

b) Metoda vizuală cu o oglinjoară mică specială de tipul celor folosite de dentiști; metoda poate fi ameliorată prin folosirea unei lupe măritoare de 6—10 ori, a unui bec de 12 V sau 24 V și a unui cozoroc pentru control mai comod și mai sigur. In marea majoritate a cazurilor fisurile fiind în secțiunile de încastrare ale paletelor, trebue ca curățarea să fie perfectă în această regiune.

In ultima vreme s'a încercat și:

c) Metoda magnetică, care se bizue pe concentrarea pulberii de fier pe marginile fisurilor paletelor magnetizate. In acest scop rotorul se magnetizează cu curent continuu 60—120 V și

15—20 A şi se învârteşte astfel încât paletele să treacă printr'o emulsie de pulbere de fier în petrol lampant deshidratat, după ce paletele au fost curăţate foarte conştiincios.

Rezultatele încercărilor de până acum sunt: fisurile existente pot fi descoperite sigur şi comod dacă nu sunt situate în secţiunea de încastrare sau sub aceasta unde observarea este îngreunată sau chiar imposibilă.

B) *Controlul periodic al frecvenţii proprii a paletelor.* Până în prezent acest lucru nu a fost aplicat la noi în ţară, deşi metoda este în studiu. In U.R.S.S. însă, controlul se face sistematic la fiecare reparaţii capitale şi se ţine evidenţa sub formă de diagrame pentru fiecare pachet de palete mai lungi de o anumită valoare.

VI. **Concluzii.** Din cele expuse mai sus, rezultă că avariile de turbine pot fi mult reduse, dacă se respectă următoarele condiţii principale:

1. Personalul de exploatare să fie conştiincios şi bine instruit.

2. Secţiunea cazane să livreze abur curat, în limitele prescrise.

La presiuni foarte ridicate, unde antrenarea de săruri nu poate fi evitată, spălarea turbinelor trebue să se facă la perioadele şi prin metoda indicată prin instrucţiile speciale date.

3. Cunoaşterea precisă a stării paletelor prin controluri preventive pentru:

— descoperirea fisurilor existente,

— stabilirea apropierii de zonele periculoase de vibraţii şi la nevoie înlocuirea preventivă a paletelor fisurate sau expuse a intra în rezonanţă.

4. Lagărele de presiune axială de tip vechi care au dat loc la avarii să fie înlocuite preventiv.

5. Respectarea severă a câtorva reguli importante de exploatare, precum:

a) menţinerea frecvenţei normale de 50 Hz, chiar dacă este nevoie să se facă sacrificii.

b) mişcarea preventivă a tijelor ventilelor de închidere rapidă şi de reglare.

c) menţinerea temperaturii uleiului de 45°C la intrarea în lagăre în exploatare şi ridicarea vitezei peste 500 rot/min, după ce temperatura uleiului a atins 35°C.

d) nedepăşirea presiunii aburului în treptele de control.

e) menţinerea în bună stare a drenajelor din conducte şi din corpul turbinei prin controluri periodice.

f) supravegherea continuă a încălzirii lagărelor şi în special a celor de presiune axială.

g) controlul periodic al scurgerii uleiului la eşirea din lagărul de presiune axială.

h) menţinerea în bună stare a izolaţiei turbinei şi conductelor din jurul turbinei.

i) împiedicarea creşterii presiunii în condensator.

★

АВАРИИ ПАРОВЫХ ТУРБИН И БОРЬБА С НИМИ

Резюме

Редакция журнала просит всех И.Т.Р. электостанций изложить в журнале интересные или типичные случай аварии или неполадок энергетических агрегатов котлов и турбин. Предст вленные в форме документальных статей или только в качестве кратких информативных заметок, эти сообщения пволужат для ознакомления персонала котельных и турбинных цехов наших станций с возможными авариями, принимая необходимые меры к их предупреждению или устранению.

DESPRE PROBLEMA DEPOZITĂRII CĂRBUNILOR

Ing. ILIE BARBU

Se prezintă problema depozitării cărbunilor și aplicarea diferitelor reguli de depozitare la specificul cărbunilor din R.P.R. Se atrage atenția în mod deosebit asupra procedeului Zacskó, încercat în R. P. Ungară, care utilizează autoîncălzirea la depozitare pentru deshidratarea cărbunilor tineri.

Din punct de vedere al economiei naționale are o importanță deosebită problema depozitării cărbunilor, atât la mină cât mai ales la consumator (CTE, CET sau uzine cocsochimice) la care crearea stocurilor tampon este absolut necesară pentru asigurarea continuității producției. Datorită faptului că în timpul depozitării lor cărbunii suferă modificări și alterări care pot duce la pierderea unora din calitățile lor, calități de deosebită importanță pentru uzina consumatoare, această problemă se cere a fi bine cunoscută de tehnicienii respectivi.

In mod absolut, toți cărbunii suferă modificări sau alterări la depozitare, dar din punct de vedere practic trebuesc luate în considerare numai acele modificări pe care le suferă în timpul depozitării lor huilele și cărbunii mai tineri. Proprietățile cele mai importante care sunt modificate prin fenomenele ce au loc la stocare sunt: *capacitatea de cocsificare, randamentul în gaze, puterea calorifică, granulația, compoziția elementară*, etc. Primele două privesc mai ales uzina de cocs și uzina de gaze. La anumite tipuri de huile tinere pierderea capacității de cocsificare poate avea loc chiar la o perioadă de depozitare scurtă de numai 3—6 luni. Pierderea puterii de cocsificare poate să ducă la o slăbire puternică a rezistenței la tobă a cocsului, așa cum s'a întâmplat la una din uzine unde în urma introducerii în șarjă a unor huile tinere (HG) ce au fost stocate pe o perioadă mai lungă, procentul de cocs praf (sub 10 mm la tobă) a crescut la peste 30%; și aceasta, deși huila respectivă nu intră în șarjă în proporție mai mare de 30%, compoziția șarjei fiind: Hg — 30%, HGr 8%, HS — 12%, HC — 50%.

La o uzină de gaz pierderea de gaze se poate ridica la o depozitare îndelungată, la procente importante care să conteze în mod sensibil în bilanțul economic al procesului.

Dar problema cea mai importantă este problema depozitării cărbunilor ce intră în CTE sau mai ales în CET, deoarece la acestea crearea depozitului de cărbune este absolut necesară, iar inegalitatea consumului între perioada de iarnă și perioada de vară trebue să fie echilibrată prin crearea unui stoc de rezervă care atinge valoarea sa minimă în lunile de primăvară.

După cum arată într'un editorial revista sovietică „Za economiu Topliva" : „Pierderile din cauza unei depozitări necorespunzătoare a combustibilului și a unei manipulări neglijente pot fi foarte mari.

Din practică reiese că în mijlociu aceste pierderi sunt de cel puțin 5%, atingând în unele cazuri speciale 10% și chiar mai mult".

Pentru țara noastră, problema acestor stocuri la termocentrale este cu atât mai importantă, cu cât termocentralele noi construite pentru combustibil inferior ard în focarele lor mai ales cărbuni bruni lemnoși (ligniți) — BL, a căror tendință de alterare la depozitare este bine cunoscută.

Alterarea cărbunilor tineri (bruni-pământoși — BP, bruni-lemnoși — BL, bruni mați — BM și chiar a celor bruni cu luciu smolos — BS) are drept efect o modificare sensibilă a granulației cărbunelui prin mărunțirea lui și o scădere a puterii calorifice a cărbunilor. (Scăderea puterii calorifice la masa combustibilă a cărbunelui este datorită oxidării cărbunelui sub influența oxigenului din aer și nu este evidentă imediat, mai ales datorită faptului că într'o perioadă inițială poate avea loc o creștere a puterii calorifice inferioare a cărbunelui, datorită uscării parțiale ce are loc la depozitarea cărbunilor cu un conținut ridicat de umiditate. Totuși, cantitatea totală de calorii pe care o reprezintă cărbunele depozitat scade față de cantitatea totală de calorii inițială).

Pe lângă modificarea granulației și scăderea puterii calorifice a cărbunelui datorită oxidării lente cu aerul atmosferic, mai pot avea loc și alte fenomene care pot deveni cauza unor pierderi importante din punct de vedere economic.

La depozitarea în stive, în timpul fenomenului de autooxidare a cărbunilor are loc și o anumită încălzire a materialului ce duce la creșterea vitezei de oxidare în așa fel încât în stiva de cărbune iau naștere puncte de supraîncălzire locală, puncte în care poate avea loc autoaprinderea cărbunelui.

Cantitatea de cărbune pierdută datorită degradării în stoc nu poate fi evaluată din lipsă de statistică exactă, dar având în vedere că prin depozitări de câteva luni puterea calorifică a cărbunilor tineri scade cu cca 10%, se poate admite că pierderile de cărbune datorite scăderii puterii calorifice sunt destul de importante, ajungând chiar la valoarea a câtorva procente din producția anuală de cărbuni.

Deși în domeniul stocării cărbunilor există o mulțime de studii și cercetări, totuși, până de curând problema stocării cărbunilor tineri nu putea fi socotită pe deplin rezolvată.

1. **Cauzele degradării și alterării cărbunilor.** Problema privită din punct de vedere teoretic prezintă o mulțime de dificultăți la încercarea

de a se da o explicație valabilă și unitară cauzelor fenomenelor de alterare a cărbunilor stocați.

Structura fizică și chimică a cărbunelui este extrem de complexă și până astăzi nu există o imagine exactă a tuturor condițiilor ce au dus la formarea unuia sau altui fel de cărbune.

Astfel, diferitele materii prime vegetale, perioada geologică mai îndepărtată sau mai apropiată, mediul bacterian și reacția apelor în epoca de turbificare, presiunile geologice și influențele tectonice suferite de zăcământul de cărbune, căldura rocelor eruptive ce răzbat prin stratul de cărbune sau în apropierea lui ca și multe altele, au contribuit la formarea diferitelor tipuri de cărbune pe care le cunoaștem astăzi.

Fără a intra în studiul complexului de materiale pe care îl denumim „cărbune", (compuși cu greutăți moleculare de peste 1400) putem arăta că în mod principial cărbunii sunt compuși din „acizi humici", „humine" și „bitumene" ca parte organică și material anorganic ce dă naștere prin ardere la cenușă. Am pus în ghilimele denumirea componenților cărbunelui, deoarece după toate cercetările făcute nu reprezintă clase de compuși definiți, ci sunt substanțe care se obțin prin anumite metode de separare și care sunt denumite astfel fără a avea întotdeauna o aceiași compoziție, aceiași structură sau aceleași caracteristici. După cum arată ultimele cercetări, majoritatea lor se formează chiar în însăși procesul de separare a lor ca produse născute prin acțiunea agenților chimici asupra cărbunelui, cărbunele având o structură mult mai complexă.

Așa numiții „acizi humici" și „humine" se obțin prin solvirea și separarea lor din cărbuni, în soluții alcaline, respectiv topituri de hidrați, în alcool sau apă, aceste substanțe putând fi separate până la sfârșit în acizi fulvonici, acizi himatomelanici, acizi humici reziduali și humine reziduale (în ordinea solubilității lor descrescânde).

„Bituminele" la diferite tipuri cuprind ceruri și rășini, ca și compuși asemănători celora din țițeiurile și bitumurile naturale și se obțin prin extracția cu solvenți (la rece, la cald, la presiune normală și la presiune ridicată cu și fără tratament chimic sau termic) a cărbunilor, dar nu preexistă în acestea. Posibilitatea extragerii lor din cărbuni este datorită algelor și sporilor plantelor ce au format zăcământul de cărbuni.

In trecere spre materia minerală a cărbunelui, întâlnim sărurile organice ale acizilor humici (humații de calciu și fier) o serie de compuși organici cu sulf și alți compuși complexi, ce leagă de cărbune diferite elemente a căror prezență poate fi explicată prin aglomerarea lor în sterilul înconjurător *).

*) In cenușa cărbunilor se găsesc aglomerate o serie întreagă de elemente, în special metale grele într'o concentrație mai mare decât în regiunile înconjurătoare. Astfel, diferite cercetări au arătat în cărbuni prezența cobaltului, nichelului, cromului, molibdenului, plumbului, zincului, berilului, etc. De deosebită importanță sunt aglomerările în cenușa cărbunilor a vanadiului și mai ales concentrarea — în cenuși și șisturi cărbunoase — a uranului.

Materia minerală este componentul generator al cenușii, cenușă care poate avea din cele mai variate compoziții și structuri.

Aproape toate aceste grupe de compuși pot participa la fenomenele de alterare a cărbunilor fie ca materiale de pornire a lanțului de fenomene ce alcătuesc această degradare, fie ca materiale care suferă efectele degradării cărbunilor.

Fenomenul de alterare și degradare a cărbunilor se manifestă — la alcătuirea unei grămezi suficient de mari pentru depozitare — prin o încălzire a stivei de cărbuni, (deobicei la început localizat în câteva puncte ale stivei și mai târziu și mai rar în întreaga masă a cărbunelui) prin creșterea lentă a temperaturii stivei și apoi prin precipitarea creșterii temperaturii până ce cărbunele se poate chiar autoaprinde. Nu întotdeauna autoîncălzirea cărbunelui duce la aprindere, dar uscarea și încălzirea ce au loc în stivă duc la mărunțirea (la lignit la exfolierea) cărbunilor și la o autooxidare lentă ce duce neapărat la creșterea conținutului de cenușă și la scăderea puterii calorifice a cărbunelui (la scăderea cantității totale de căldură pe care o reprezintă stiva de cărbune).

S'au căutat multe explicații pentru lămurirea și identificarea cauzei inițiale a autoîncălzirii cărbunilor.

Există în mod sigur în complexul ce formează cărbunele o serie de transformări intramoleculare (descompuneri și condensări, ruperi de lanțuri și de legături, etc.) care se petrec sub influența unor fenomene fizice deosebit de intense și care dau un efect termic pozitiv (vezi ca dovadă exotermicitatea constatată la anumiți cărbuni în timpul carbonizării) dar acestea nu pot fi considerate — din cauza mărimii lor destul de mici — ca o cauză a autoîncălzirii. De alt fel aceste fenomene pot avea loc numai în zăcământ (în mină) la influența unor mișcări tectonice și în nici un caz nu pot apare în mod spontan în stiva de cărbuni.

Alte explicații au căutat să găsească cauza autoîncălzirii cărbunilor în mod exclusiv în conținutul de sulf al cărbunilor.

Sulful care se găsește în cărbune legat sub trei forme ca sulf organic, sulf sulfat și sulf piritic s'a susținut a fi în această ultimă formă cauza autoîncălzirii. Această părere nu poate fi admisă deoarece : 1) autoîncălzirea se observă și la cărbuni care nu conțin sulf (sau pirită) decât în cantități cu totul reduse ; 2) s'a observat la cărbunii ajunși în stare de autoaprindere, formațiuni de pirită nealterate și 3) s'a arătat prin calcul că efectul caloric al oxidării instantanee și simultan a unui conținut de 1% pirită nu ridică temperatura cărbunelui decât la 70 de grade, temperatură la care stiva de cărbuni este încă departe de temperatura de autoaprindere. Un conținut de 2% pirită prin oxidare completă fără niciun fel de pierdere de căldură ridică temperatura stivei la circa 120°.

In orice caz *cauza degradării* la stocare a cărbunilor este oxidarea lentă a acestora în contact cu aerul atmosferic.

Autoîncălzirea — după cum vom vedea — are loc şi în stive ferite de contactul cu atmosfera şi stăpânind-o în anumite condiţii, autoîncălzirea poate să ducă nu la degradarea ci tocmai contrar la *înobilarea* cărbunilor. In cele ce urmează vom face deci în mod net deosebire între fenomenul mai complex şi mai amplu al degradării şi autoîncălzirea care este numai unul din fenomenele ce însoţesc stocarea cărbunilor.

Degradarea — în ceeace priveşte cărbunii tineri — se manifestă sub două aspecte principale : mărunţire şi oxidare.

Mărunţirea la lignit este însoţită de uscarea lignitului şi se face prin exfolierea blocului de lignit care are loc în mod complet în 50—60 de zile.

Componenţii humici ai cărbunelui pot adsorbi oxigenul din aer cu un puternic efect exotermic. Adsorbţia iniţială se transformă apoi în legătură chimică (autooxidare) în care are loc o oxidare a huminelor superioare la acizi humici şi apoi la acizi cu un număr mai redus de carbon. Conţinutul procentual de carbon şi hidrogen scad în timp ce conţinutul de oxigen creşte.

Acest fapt este în concordanţă şi cu tendinţa mai accentuată spre degradare a cărbunilor tineri cu un conţinut mai ridicat de acizi humici inferiori ce cuprind procente mai mari de oxigen.

In afară de acest factor chimic şi suprafaţa specifică mai mare, porozitatea, complexitatea şi structura mai afânată a cărbunilor mai tineri măreşte tendinţa lor de autooxidare.

Ultimele cercetări asupra structurii petrografice a cărbunilor şi asupra variaţiei acestei structuri în timpul depozitării au dus la constatarea formării dealungul crăpăturilor a unor fâşii marginale de cca 60 microni lăţime, aşa numite *„pelicule de oxidare"* care păzesc apoi cărbunele de oxidarea ulterioară. Aceasta însă numai când acţiunea oxigenului are loc fără acţiunea concomitentă a umidităţii.

Sub acţiunea concomitentă a umidităţii şi a oxigenului are loc dizolvarea materialului huminic sub formă de acizi humici ca şi dizolvarea acizilor graşi respectiv a săpunurilor formate prin oxidarea bitumenelor. Prin desfăşurarea mai îndelungată a acestui fenomen, în prezenţa unor cantităţi mari de umiditate are loc desfacerea totală a cărbunelui şi distrugerea masei cărbunoase.

2. **Măsuri şi reguli de depozitare.** In ţara noastră lipsesc norme cu caracter obligatoriu în ceeace priveşte condiţiile de depozitare a cărbunilor. Necesitatea lor devine, odată cu creşterea continuă a producţiei de cărbune, din ce în ce mai acută. Mai jos vom da principiile cele mai importante de depozitare ce se pot găsi în literatura respectivă, atrăgând totuşi atenţia asupra faptului că acestea se referă mai ales la cărbuni bruni sau huile de alt tip decât majoritatea cărbunilor din ţara noastră. La noi în ţară cărbunii cei mai răspândiţi sunt de tipul bruni lemnoşi (lignit), apoi bruni huiloşi şi huile de gaz.

Literatura critică în mod destul de serios propunerile de depozitare cele mai comune căci scopul lor nu este în general împiedicarea degradării cărbunelui ci numai micşorarea efectelor degradării.

Principiile generale ale acestor măsuri cer de exemplu stivuirea în formă regulată de trunchi de piramidă a cărbunilor, împiedicarea pătrunderii aerului la stivă, propunându-se chiar soluţii ca depozitarea în silozuri de beton cu atmosferă de gaz inert, sau depozitarea sub apă a cărbunilor.

Asupra multor cerinţe normale diferitelor ţări şi organizaţii nu se poate cădea cu totul de acord. De exemplu unii autori cer separarea prafului de cărbuni de restul granulaţiilor sau depozitarea complet separată a fiecărei granulaţii. Alte instrucţiuni prevăd numai cerinţa ca să nu se amestece diferitele feluri de cărbune într'o aceiaşi stivă permiţându-se totuşi depozitarea comună a tuturor granulaţiilor venite dela aceiaşi mină (cărbuni ocnă).

După majoritatea prescripţiilor în acest domeniu pentru a putea evita degradarea stivelor de cărbuni trebue realizate drept condiţii minimale următoarele condiţii de depozitare :

1. Terenul de depozitare trebue să fie complet curăţat de toate rămăşiţele materialelor depozitate anterior, chiar şi cărbuni. Terenul trebue să fie plan, cu o pantă lină astfel ca apa de ploaie să se poată scurge.

Terenul poate să fie un teren argilos sau argilă amestecată cu sgură bine comprimată, însă soluţia optimă este un teren de depozitare făcut din beton.

Terenul de beton are o durată de circa 15 ani şi are o rezistenţă mecanică suficient de mare şi o conductibilitate termică bună. Investiţiile sunt destul de mari dar totuşi rentabile. Un teren de beton de sgură ţine 10 ani dar la o manipulare neatentă se strică relativ uşor. Are avantajul că poate fi realizat cu ajutorul unor mijloace interne. Un teren de depozitare pietruit are o durată de 20 de ani cu cheltueli de investiţii egale cu cele ale terenurilor de beton, însă la ridicarea stivei de cărbune trebue să fim atenţi ca graiferele sau lopeţile să nu mişte pietrele ce formează terenul de depozitare.

Cu mijloace interne care stau la dispoziţia oricărei uzine se poate forma un teren de depozitare suficient de bun prin nivelarea, stamparea şi tasarea (eventual cu compresoare) a unor terenuri simple de pământ, preferabil teren argilos sau chiar argilă cu sgură. Aceste feluri de terenuri trebuesc reparate la fiecare 2 ani însă au avantajul că nu cer investiţii mari şi nici muncă prea multă.

2. La alcătuirea grămezilor trebue avut în vedere următoarele măsuri ce duc la o mai bună conservare a cărbunilor :

In primul rând la depozitarea cărbunilor trebue să nu aibă loc o segregare a cărbunelui pe granulaţii. In mod normal dacă turnăm într'o grămadă conică un amestec de materiale de diferite mărimi, bucăţile mai mari

se aşează la baza grămezii. Astfel, se crează o situaţie periculoasă în ceeace priveşte pericolul degradării cărbunilor. Blocurile mari de cărbuni ce se aşează la partea inferioară a grămezii de cărbune formează canale prin care aerul poate pătrunde în mod uşor în cărbune. Pentru a împiedica acest fenomen se formează grămezile în felul următor : pe terenul de depozitare destinat întregii grămezi formăm unul lângă altul mai multe conuri mici de cărbune pe care apoi le planăm unindu-le unele cu altele. Pe suprafaţa plană astfel formată aşezăm stratul următor de cărbune tot sub formă de mici conuri. Planând iarăşi aceste noui conuri se capătă o nouă suprafaţă şi pe stratul astfel format repetând de mai multe ori operaţia se aşează întreaga grămadă de cărbune. Chiar dacă în acest fel blocurile şi granulaţiile mai mari s'au separat, aşezându-se la baza fiecărui con mic de cărbune, totuşi — prin planarea repetată a acestor conuri — ele rămân în mijlocul grămezii de cărbune şi astfel granulaţia grămezii rămâne mai uniformă. Această granulaţie este cu atât mai favorabilă, cu cât numărul de straturi formate a fost mai mare.

In ceeace priveşte mărimea şi înălţimea grămezii pentru cărbuni, la care mărunţirea nu influenţează utilizarea ulterioară (la termocentrale cu focare de ardere în praf), se pot admite chiar înălţimi de 5—6 m. La granulaţii mai mari şi cărbuni cu o tendinţă de mărunţire pronunţată, înălţimea medie este bine să nu treacă de 3 m. La cărbuni cu tendinţa de autoîncălzire şi autoaprindere, înălţimea de depozitare poate să meargă până la 3 m pentru cărbuni cu o structură mai compactă, iar la cărbuni mai puţin rezistenţi 1,50—2,50 m. In orice caz, pentru aceste feluri de cărbune, se impune compactizarea grămezilor şi a pantelor stivelor şi — pe cât posibil — acoperirea stivei cu straturi protectoare sau cel puţin cu praf şi mărunţi din acelaşi cărbune.

Ing. V. P. Lopuhin descrie compactizarea stivelor la uzina „V. V. Kuibâşev" din Colomensk, cu ajutorul unui compresor cu şenile; presiunile ce au fost atinse la comprimare au atins până la 7 tone pe m^2, iar îndesarea realizată a fost atât de intensă, încât desprinderea cărbunelui din stivă n'a mai fost posibilă decât cu târnăcop sau rangă.

Dacă grămezile au o înălţime de 3 m, atunci drumurile dintre stive trebue să aibă cel puţin 1 m lăţime, iar la înălţimi mai mari trebue lăsat cel puţin 2 m între grămezile de cărbuni.

Tot la alcătuirea stivelor trebue luate măsurile care să permită supravegherea temperaturii cărbunelui în grămezi.

Acest lucru se poate face cu simple vergele, bastoane de fer ascuţite la un capăt şi îndoite ca un mâner la celălalt capăt. Pentru a măsura temperatura cărbunilor aceste bastoane se înfig în stivă până la suprafaţa terenului şi se scot după 15—20 minute şi se încearcă temperatura lor cu mâna. Pentru a uşura şi scurta timpul acestor controale este bine ca stiva de cărbune să aibe dela bun început prevăzute din loc în loc astfel de vergele de fer, care pot fi controlate una după alta fără ca să se mai aştepte timpul până când ia temperatura cărbunelui. Trebue avut grijă ca lângă bastonul de fer să nu se formeze găuri sau gropi căci acestea permit intrarea aerului în stivă. Controlul temperaturii stivei în acest fel se face în mod neapărat cel puţin de 2 ori pe săptămână.

In loc de vergele este preferabil să se utilizeze ţevi de fer ascuţite sau aplatizate în aşa fel încât să poată fi uşor împinse în cărbune şi totuşi să nu permită circulaţia aerului prin capul lor închis.

Avantajul ţevilor este că permite controlul temperaturii cu ajutorul termometrelor. Este de dorit ca să se utilizeze pentru acest control termometre de maximum dar în lipsa acestora se pot utiliza şi termometre normale a căror rezervor de mercur se păstrează într'o mică ţeavă de metal în care se găseşte ulei. Uleiul din eprubeta metalică se răceşte mai încet şi astfel ne permite să constatăm temperatura maximă măsurată în ţeavă.

Accentuăm încă odată că ţeava înfiptă în cărbune trebue să fie complet închisă, să nu aibe niciun fel de crăpătură sau găuri căci altfel va juca rolul unui coş ce va trage mereu aer proaspăt în grămadă. In orice caz ţevile trebuesc astupate şi cu dopuri de plută sau de lemn ca să se împiedice atât circulaţia aerului cât şi pătrunderea precipitaţiunilor în tub. Trebue să fim atenţi ca peretele ţevii să nu fie atacat de rugină, ca astfel să nu se creeze posibilităţi de circulaţie a aerului.

Acolo unde sunt disponibile pot fi utilizate cu succes termoelementele.

In ceeace priveşte forma grămezii se impune ca panta să fie cât mai puternică, iar acoperişul să permită scurgerea rapidă a apelor. Cea mai potrivită formă este trunchiul de piramidă, dar se poate admite şi formarea grămezii cu suprafeţe convexe. Scopul acestei depozitări este de a oferi o suprafaţă cât mai mică influenţei aerului atmosferic.

Se va evita aşezarea în aceiaşi grămadă chiar a cărbunilor de aceiaşi origină dacă între cele două transporturi există o diferenţă prea mare de umiditate sau dacă între cele două transporturi a trecut mai mult de 2 săptămâni.

Cărbunele umed (plouat) nu poate să fie aşezat în stive decât după o uscare prealabilă.

3. Stratul care serveşte la acoperirea grămezilor trebue în primul rând să împiedice schimbul de oxigen cu aerul atmosferic.

In orice stivă de cărbune se găseşte o anumită cantitate de aer, aşa de exemplu într'o stivă de 50 de vagoane cu cărbune se găsesc aproximativ 250 m^3 de aer. Această cantitate de aer nu este suficientă decât pentru arderea a circa 35 kg de cărbune, care la o putere calorifică de circa 5 000 kcal nu poate desvolta decât o cantitate totală de 180 000 kcal. Datorită faptului că valoarea căldurii specifice a cărbunelui

este de 0,30 kcal/kg, atunci această căldură nu este suficientă să ridice temperatura celor 500 000 kg cărbune decât cu circa 1 grad. Dacă împiedicăm pătrunderea ulterioară a aerului în stivă, atunci nu mai pot avea loc niciun fel de alte oxidări. Pentru aceasta stiva trebue cât mai bine tasată, aşa încât să împiedice pe cât posibil orice fel de circulaţie a aerului în stivă. Pentru aceasta se acoperă stivele de cărbune cu diferite strate protectoare.

Aceste strate protectoare pot fi de două feluri: combustibile şi necombustibile. Dintre straturile necombustibile trebue menţionate cele formate din straturi subţiri de ciment şi cele formate din plăci de eternit sau alte plăci artificiale legate cu smoală sau bitum. Stratul subţire de ciment merge împreună cu stiva de cărbune la ars mărind într'o proporţie nu prea importantă conţinutul de cenuşă al cărbunelui. Are desavantajul că reprezintă o soluţie scumpă. Plăcile de eternit pot fi reutilizate aşa încât se evită atât creşterea conţinutului de cenuşă cât şi repetarea unor cheltueli de investiţie pentru procurarea stratului protector.

Este mult mai avantajos de a se utiliza pentru acoperirea grămezilor de cărbune materiale combustibile.

Straturile protectoare combustibile pot fi alcătuite în mai multe feluri însă, în majoritatea cazurilor, reprezintă amestecarea prafului de cărbune cu un liant.

Şi liantul poate fi la rândul său organic sau anorganic.

Liantul organic poate fi păcură, smoală, bitum, etc. iar ca material anorganic ciment.

La utilizarea cimentului, drept material de umplutură se poate utiliza cenuşa sburătoare, care pe lângă conţinuturi importante de cărbune are deobicei şi proprietăţi hidraulice aşa încât cu cantităţi mici de ciment dă un „carbobeton" de foarte bună calitate. Acest strat protector făcut din amestecul de cenuşă sburătoare şi ciment are avantagiile că nu se înmoaie în căldura de vară, este suficient de solid pentru a se putea călca pe el pentru control, măsurări de temperatură, etc. şi nu atacă în timpul transportului cauciucul benzilor de transport.

Din diferitele cercetări, vrem să citäm cele făcute cu cărbuni din R.P.U. la care s'au depozitat timp de 10 luni de zile 560 tone de cărbune cu granulaţia de 0—20 mm într'o stivă în formă de trunchi de piramidă cu baza de 16 × 16, înălţimea de 5 m şi cu pantele la 45°. Volumul trunchiului de piramidă era de 650 m³, greutatea volumetrică a cărbunelui — 870 kg/m³, iar stratul protector a fost făcut din amestecul de cenuşă sburătoare şi ciment într'o grosime de 2—3 cm, consumul total de ciment fiind de circa 2 m³. In acest trunchi de piramidă au fost aşezate termoelementele cu rezistenţă după cum se văd în fig. 2. Pe baza datelor culese în fiecare 2 zile s'au ridicat curbele ce se văd în diagrama din fig. 1. Curba *k* reprezintă temperatura exterioară, curba *d* reprezintă temperaturile măsurate la suprafaţa stivei, iar curba *2* reprezintă temperaturile înregistrate la unul din termoelementele ce măsurau temperaturile din miezul

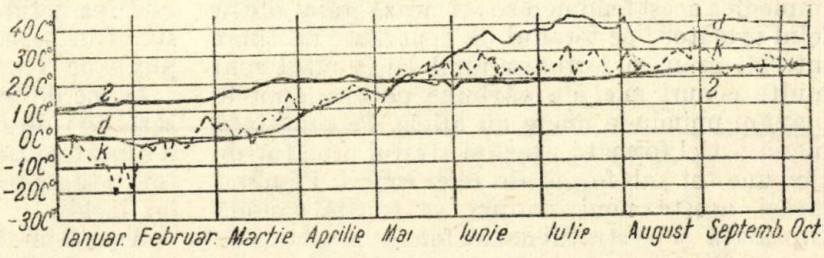


Fig. 1

stivei. După cele 10 luni de depozitare s'au luat probe medii din cărbune şi s'au comparat rezultatele analizelor obţinute cu analizele făcute în momentul depozitării.

	Umiditate %	Cenuşă %	Materii volat. %	Puter. cal. kcal/kg	Granulaţia % 20—10 mm	10—4 mm	4—0 mm
Analiza la depozitare	28,05	16,77	30,39	3343	29,5	29,5	41,0
Analiza la sfârşitul depozitării	27,40	16,77	30,01	3363	27,8	36,5	36,0

Aceste valori, a căror variaţii se găsesc în limitele de eroare admisă, dovedesc că *depozitarea fără degradare este perfect posibilă.*

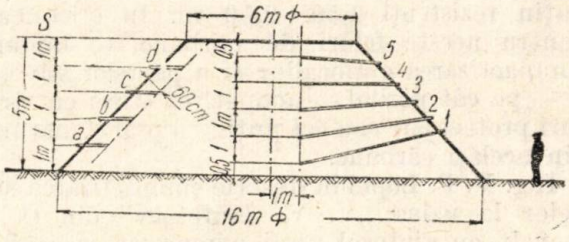


Fig. 2

Pentru ţara noastră ca materiale pentru stratul protector se pretează în primul rând păcura şi alte derivate şi reziduuri din ţiţei (bitum pentru brichetaj, păcură de cracare, etc.) şi apoi cimentul în special cimenturile metalurgice.

3. Depozitarea ca mijloc de înobilare a cărbunilor. Ultimele cercetări făcute în R.P.U. au arătat posibilitatea de a folosi depozitarea ca mijloc de înobilare a lignitilor (a cărbunilor bruni lemnoşi — BL.).

Până de curând uscarea conţinuturilor ridicate de umiditate a lignitilor se făcea în mod artificial prin metoda deshidratării cu apă sub presiune, instalaţie care cere utilaje şi investiţii ce se ridică la sume apreciabile. In numărul 11/1952 al revistei „Magyar Energiagazdasag" Institutul de Cercetări Miniere din R.P.U. prezintă o comunicare de Zacskó Aladar şi Zsigmond

Bela despre „Deshidratarea ligniților prin autoîncălzire".

Această metodă utilizează autoîncălzirea, ce are loc în timpul stocării, pentru deshidratare. Autorii au pornit dela ipoteza că orice specie de cărbuni tineri prezintă la stocare fenomenul de autoîncălzire datorită influenței oxidante a oxigenului din aer. Dacă această căldură este păstrată în stivă și nu se împiedică desvoltarea ei prin stăpânirea și controlarea fenomenului de autoîncălzire ea poate fi utilizată pentru deshidratare.

In această metodă stivele de lignit sunt prevăzute cu un strat protector plastic închis ermetic care pe deoparte face posibilă izolarea de căldură a stivei de cărbuni, pe dealtă parte împiedică pătrunderea oxigenului în stivă.

Stratul protector închide în stiva de cărbune aburul care se formează în miezul stivei și astfel nu permite ca stiva de cărbune să se încălzească peste 100°C. Imediat ce temperatura stivei s'a apropiat de 100°C autorii au făcut în stratul protector orificii de evacuare a aburului, orificii prin care aburul format ese în atmosferă. Eșirea aburilor durează până se stabilește un echilibru între tensiunea de vapori a aburului format prin căldura de autoîncălzire a stivei și tensiunea de vapori a atmosferei exterioare. Astfel, se poate conduce procesul de deshidratare a stivei prin variația măriri găurilor și a timpului în care se face deshidratarea.

In stivele de lignit se prezintă în mod normal la 3—4 zile după așezare, primele semne de autoîncălzire. Deci imediat după formarea stivei trebue făcută acoperirea ei cu un strat plastic, un strat protector, care să urmărească în mod elastic micșorarea de volum a stivei (datorită uscării) și care izolează stiva la început de atmosfera exterioară.

Acest strat plastic se execută astfel : stiva în formă de trunchi de piramidă regulată se presară pe toată suprafața ei cu praf de cărbune care se acoperă apoi cu păcură, gudroane, etc. și acestea se acoperă iarăși cu praf de cărbune. Deobicei este suficient un singur strat protector, dar adeseori este nevoie de două straturi protectoare suprapuse. Talpa stivei trebue făcută cu o grijă deosebită deoarece este locul prin care se face cel mai des pătrunderea aerului.

După acoperirea cu stratul protector temperatura trebue urmărită cu țevi de măsurare a temperaturii. După atingerea temperaturilor de 80—100°C se fac în stratul protector orificiile de evacuare a aburului. Numărul și diametrul acestor orificii depind de mărimea stivei. Dacă orificiile au un diametru prea mic atunci nu se poate asigura evacuarea corespunzătoare a aburului ; dacă au un diametru prea mare atunci are loc un efect de răcire care împiedică fenomenul de deshidratare. Și numărul prea mare de orificii provoacă tot un efect de răcire, iar un număr prea mic face prea lent fenomenul de deshidratare. Pentru fiecare stivă trebue calculat optimul în funcție de lățimea și lungimea stivei, de înălțimea ei, de conținutul de umiditate și de granulația lignitului depozitat, toate puse în concordanță cu rezultatele experiențelor anterioare.

Prin experiențele făcute s'a constatat că deshidratarea prin autoîncălzire începe chiar dela 50°C. Acest lucru se observa datorită aburilor ce răbufneau la țevile de măsurare a temperaturii. Datorită atmosferei, saturate cu vapori de apă ce se formează înăuntrul stivei, temperatura acesteia nu poate să treacă de 100°C. Dacă stiva este bine executată și nu pătrunde în ea nicăeri aer, prin gurile de evacuare a aburului nu poate să pătrundă aer în stivă căci aburul ce răbufnește nu permite acest lucru. La un regim de lucru just nu poate să aibă loc nici autoîncălzirea locală nici autoaprinderea.

După cum s'a observat, autoîncălzirea începe în zona de jos a stivei așa încât fenomenul de uscare începe aici și se propagă către partea superioară a stivei. Aburul care caută să iasă din stivă prin gurile de evacuare se aglomerează în treimea superioară a stivei așa încât cărbunii din această zonă capătă o umiditate aderentă, care la desfacerea stivei pleacă rapid cu formare intensă de abur. In 60—90 de zile lignitul se deshidratează și stratul protector poate să fie refăcut închizându-se gurile de evacuare, stiva putând fi astfel păstrată perioade îndelungate (10—12 luni). Printr'o depozitare atât de lungă umiditatea lignitului se reduce sub 5%.

In urma acestor experiențe s'a constatat că se poate obține o uscare a lignitului dela 45% umiditate până la 10—15%, ceeace are drept consecință o însemnată creștere a puterii lui calorifice, o îmbunătățire sensibilă a rezistenței la stocare, devenind întru totul asemănător lignitului obținut prin deshidratare artificială. Ligniții xiloizi prin această metodă de deshidratare prin autoîncălzire se întăresc. .

Prin aceste încercări s'a putut reduce umiditatea ligniților de 40—42—46% până la umidități medii de 8,69—17,88% și la stive insuficient uscate 22—29% fără să se observe niciun fel de pierdere de putere calorifică a cărbunilor. Din contra, din bilanțul caloric provizoriu făcut asupra stivelor de cărbune, a reeșit constatarea extrem de interesantă că numărul de calorii reprezentat de lignitul brut supus deshidratării este egal cu cel al lignitului deshidratat, deci căldura consumată pentru evaporare nu a fost consumată în dauna puterii calorifice a cărbunelui.

Nici cantitatea de cenușă nu a crescut în mod corespunzător cu uscarea și a reprezentat o cifră mai mică decât cea calculată.

Problemele teoretice ridicate de aceste abateri mai urmează să fie lămurite, însă prezintă puncte de plecare pentru cercetări deosebit de importante.

Autorii constată că nici nu se poate grăbi nici nu se poate încetini, nici nu se poate face omogen sau neomogen pe întreaga stivă procesul de autoîncălzire. Influențarea acestui proces se face numai printr'o alegere suficient de mare a stivei și prin varierea mărimii gurilor

de desaburire a stivei. Dificultăţile cercetărilor rezidă în faptul că ele nu pot fi făcute pe scară de laborator, deoarece pierderile de căldură ale stivelor mici sunt prea mari pentru ca ele să se poată autoîncălzi.

Lignitul obţinut prin această metodă de deshidratare pe cale naturală trece prin adânci schimbări fizice şi chimice. Ca o consecinţă toate proprietăţile lui se schimbă. Astfel, conţinutul de umiditate a lignitului deshidratat *nu* se mai poate readuce la 40—50%, adică cărbunele a suferit astfel de schimbări microstructurale încât şi-a pierdut higroscopicitatea originală şi se comportă ca un cărbune brun mai bătrân. In acelaşi timp se schimbă din punct de vedere fizic devenind mai dur şi mai puţin desagregabil. In afară de aceasta se mai schimbă şi proprietăţile lui termotehnice : nu mai dă la ardere mirosul neplăcut pe care îl produce lignitul brut ; la fel ca ligniţii deshidrataţi pe cale artificială şi ligniţii deshidrataţi prin autoîncălzire au proprietăţi bune la arderea pe grătar. La arderea în focare cu alimentare manuală focul a putut fi condus în mod uniform şi flacăra a fost întotdeauna bună. La încălzirea în sobă lignitul deshidratat pe cale naturală a putut să fie întrebuinţat atât în sobele de teracotă cu grătar cât şi în cele de fontă, ba chiar şi în sobele fără grătar, speciale pentru lemne, ce se utilizează în Ungaria şi în unele părţi din Transilvania.

4. **Concluzii.** Din cele arătate mai sus se poate vedea că autoîncălzirea şi degradarea cărbunilor sunt fenomene naturale în timpul stocării lor, dar care pot fi stăpânite şi evitate prin luarea unui număr minim de măsuri tehnico-organizatorice care asigură *stocarea fără pierderi şi degradări.*

Dintre metodele moderne de conservare a stivelor se impune în mod hotărîtor utilizarea straturilor protectoare pentru acoperirea stivelor şi respectarea celor câteva reguli minimale pentru formarea terenului şi a stivei de cărbune.

La noi în ţară, se simte nevoia alcătuirii unor reguli de depozitare a cărbunilor, care să fie adecuate proprietăţilor şi calităţilor cărbunilor din R.P.R.

Dintre liniile noi de cercetare, pe care le cunoaşte literatura tehnică de specialitate, în ceeace priveşte problema ligniţilor, una din cele mai interesante este metoda pe care o propune Zacskó pentru deshidratarea naturală a ligniţilor. Cercetări ample trebue să verifice adaptabilitatea acestei metode pentru ligniţii din ţara noastră, ca şi posibilitatea ca — prin utilizarea ei — să se realizeze, concomitent cu depozitarea cărbunilor, şi o deshidratare a lor, făcând astfel posibilă renunţarea la greoaiele instalaţii de deshidratre.

Bibliografie

[1] (*) : Să acordăm mai multă atenţie problemelor în legătură cu depozitarea combustibilului. Zaeconomiu Topliva, nr. 10, 1950.

[2] *Lopuhin, V. P., ing.* : Depozitarea cărbunelui din regiunea Moscovei. Zaeconomiu Topliva, nr. 1, 1950.

[3] *Szikla, G.* : Depozitarea cărbunilor. Magyar Technika, nr. 4, 1948.

[4] *Zacskó, A.* şi *Zsigmond, B.* : Deshidratarea ligniţilor prin autoîncălzire. Magyar Energiagazdaság, nr. 11, 1952.

[5] *Trebuhin E. I., ing.* : Experienţa depozitării îndelungate a cărbunelui din Lengorovsc. Zaeconomiu Topliva, nr. 8, 1951.

[6] *Szadeczki Kardoss E.* : Petrografia cărbunilor. Budapesta, Editura Academiei, 1952.

[7] *Blum I.* şi *Ionescu N.* : Incercări de stabilire a gradului de exfoliere (desagregare) la ligniţii xiloizi. Revista Minelor, nr. 4, 1951.

★

К ВОПРОСУ О ХРАНЕНИИ УГЛЯ

Ревюме

В статье излагается вопрос хранения угля и применение различных правил хранения к специфике углей Р.Н.Р. В особенности обращается внимание на способ Закско испытанный в В.Н.Р. который применяет самонагрев при хранении для обезвоживания молодых углей.

STABILITATEA TERMICĂ A INSTALAȚIILOR DE PUNERE LA PĂMÂNT

Ing. D. VOINEA

In articolul de față se examinează fenomenele termice care însoțesc scurgerea curenților de defect sau de lucru prin instalațiile de punere la pământ. Asigurarea stabilității termice a acestor instalații se dovedește a fi în unele cazuri o condiție mai greu de satisfăcut decât obținerea unei reparații nepericuloase de potențiale la suprafața solului.

După cum se știe dispersarea curentului de punere la pământ întâmpină în sol o anumită rezistență, definită prin raportul dintre potențialul prizei și curentul dispersat.

$$R = \frac{\varphi_0}{I}. \qquad (1)$$

In acest caz, conform legii Joule-Lenz, e de așteptat transformarea în energie calorică a unei anumite cantități de energie electrică după relația

$$W = RI^2t. \qquad (2)$$

Fenomenul are loc într'o măsură mai mare sau mai mică în întreg spațiul interesat în dispersarea curentului de punere la pământ. Sub formă diferențială, legea Joule-Lenz capătă forma

$$\frac{dP}{d\tau} = \rho J^2 = \frac{1}{\rho}\mathcal{E}^2. \qquad (3)$$

Prin urmare fiecare element de volum $d\tau$ din spațiu devine sediul unei surse calorice, producând în unitatea de timp energia $\frac{1}{\rho}\mathcal{E}^2$. Acest debit continuu de căldură va provoca o creștere a potențialului termic al solului, adică o ridicare a temperaturii.

Pentru a a preciza noțiunea de stabilitate termică a unei instalații de punere la pământ va trebui să se definească o temperatură limită superioară, dincolo de care funcționarea prizei ar deveni defectuoasă (instabilă).

Conductibilitatea electrică a solului este, în condiții normale pentru funcționarea instalației de punere la pământ, de natură ionică. Aceasta, deoarece ea e condiționată în cea mai mare măsură de apa conținută în sol. Particolele solide și gazele care intră în compoziția solului sunt în general elemente rău conducătoare de electricitate. Pierderea accidentală a umidității deranjează în mod grav fenomenul difuziunii în sol a curentului de punere la pământ. Este ceeace se poate întâmpla când ,datorită depășirii temperaturii de 100°C se evacuează, pe calea vaporizării, apa conținută în sol. Fenomenul se produce la lavină :

Micșorarea cantității de apă din sol face să crească rezistivitatea solului. Din această cauză, conform legii Joule-Lenz, o mai mare cantitate de energie electrică este transformată local în energie calorică ; temperatura solului se ridică și mai mult, iar umiditatea scade corespunzător. Paralel, repartiția potențialelor la suprafața solului devine din ce în ce mai periculoasă.

Apa higroscopică poate fi eliminată aproape complet prin evaporare, însă ultimul rest se evaporă abia la o temperatură de peste 500°C. Particolele uscate se ating apoi reciproc și rezistența electrică a acestei mase este practic infinit de mare.

In momentul în care apa este complect eliminată fie chiar numai local, datorită gradienților de potențial importanți, care apar, fenomenul de conductibilitate electrică suferă o transformare calitativă ; din conductibilitate ionică devine conductibilitate electronică. Apar descărcări sub formă de arc, temperatura poate atinge valori atât de ridicate încât solul este pur și simplu vitrificat, iar electrozii distruși. Alteori vaporizarea este atât de violentă încât se produc dislocări cu caracter explosiv ale masselor de pământ.

Toate cele de mai sus scot în evidență grija ce trebue acordată la dimensionarea unei instalații de punere la pământ în ceeace privește asigurarea nedepășirii, în caz de accident, a temperaturii de 100°C, temperatura de vaporizare a apei din sol (condiția de stabilitate termică). In cele ce urmează se trece în revistă, în cadrul unei scurte expuneri, modul de schematizare matematică a fenomenului și se dau rețete practice pentru dimensionarea instalațiilor de punere la pământ din punctul de vedere al stabilității termice .

Fenomenul încălzirii solului în timpul difuziunii curenților de punere la pământ, se petrece în două faze.

O fază *tranzitorie*, după care se stabilește un anumit *regim termic*. In prima fază, se pot distinge două etape :

Prima în care energia termică — pusă în joc în fiecare punct din spațiu — este consumată aproape numai pentru ridicarea locală a temperaturii (din cauza diferențelor mici de temperatură, fluxul de căldură de egalizare este neglijabil). Ecuația de bilanț energetic se scrie :

$$dP \cdot dt \cong c \cdot d\theta \cdot d\tau \qquad (4)$$

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{1}{c} \cdot \frac{dP}{d\tau} = \frac{1}{c} \cdot \frac{1}{\rho}\mathcal{E}^2 \qquad (4a)$$

unde :

dP este energia produsă în elementul de volum $d\tau$ în unitatea de timp dt ;

$d\theta$ — variația de temperatură a elementului de volum $d\tau$ datorită căldurii produse local în unitatea de timp dt ;

c — căldura specifică locală a solului pe unitatea de volum. (Aceasta depinde în primul

rând de conținutul de umiditate al solului; odată cu creșterea conținutului de apă în sol crește și căldura sa specifică. In calcule se poate lua pentru c valoarea medie 1,70).

In *a doua etapă*, fluxul de căldură de egalizare dela punctele cu temperatura mai ridicată spre punctele cu temperatura mai scăzută, devine sensibil.

Dacă se notează cu q cantitatea de căldură care traversează normal, în unitatea de timp dt, unitatea de suprafață ds, se poate scrie :

$$q = \frac{d\theta}{ds \cdot dt} \cdot \tag{5}$$

Pe de altă parte, conform legii Fourier

$$dq = -\lambda \frac{d\theta}{dx} ds \cdot dt \tag{6}$$

ceeace exprimă că în fenomenul de conductibilitate, cantitatea de căldură transmisă normal în unitatea de timp pe unitatea de suprafață este proporțională cu variația temperaturii în direcția propagării căldurii (normal pe suprafața ds) și cu un coeficient de conductibilitate λ $\left(\frac{\text{cal}}{\text{cm s °C}}\right)$ stabilit experimental.

Din (5) și (6) se deduce

$$q = -\lambda \frac{d\theta}{dx} \tag{7}$$

sau în general

$$q = -\lambda \operatorname{grad} \theta. \tag{8}$$

Ținând seama de faptul că div q = productivitatea curentului de căldură pe unitatea de volum, rezultă următoarea ecuație de bilanț energetic pentru etapa a doua

$$dP \cdot dt = c \cdot d\theta \cdot d\tau + \operatorname{div} q \cdot d\tau \cdot dt \tag{9}$$

sau

$$c \frac{d\theta}{dt} + \operatorname{div} q = \frac{1}{\rho} \mathcal{E}^2. \tag{9a}$$

Dacă curentul dispersat în sol precum și caracteristicile fizice ale solului nu variază, se tinde asimptotic, în cele din urmă (faza II), către o stare de regim termic. Ea înseamnă stabilirea unui anumit câmp de temperatură invariabil în timp. Prin urmare, de aci înainte, orice cantitate de căldură produsă nu mai servește la ridicarea temperaturii solului, ci este în întregime evacuată. Acest lucru se exprimă matematic pornind dela ecuația (9a), în care

$$\frac{d\theta}{dt} = 0$$

$$\operatorname{div} q = \frac{1}{\rho} \mathcal{E}^2 \tag{10}$$

sau combinând (8) cu (10), rezultă ecuația fundamentală a regimului termic stabilizat

$$\operatorname{div} \operatorname{grad} \theta = \Delta\theta = -\frac{1}{\rho\lambda} \mathcal{E}^2. \tag{10 a}$$

Este clar că desvoltarea cea mai mare de căldură se face chiar în imediata vecinătate a prizei. La distanțe mai mari densitatea de curent J se micșorează, ceeace — dat fiind faptul că J intervine la puterea a doua — reduce considerabil cantitatea de căldură degajată în unitatea de volum.

Ținând seama de cele arătate mai sus, vom împărți studiul stabilității termice a instalațiilor de punere la pământ în două părți :

1. Stabilitatea termică în rețele cu curenți de punere la pământ de scurtă durată (câteva secunde).

II. Stabilitatea termică în rețele cu curenți de punere la pământ de lungă durată.

I. **Stabilitatea termică, în rețele cu curenți de punere la pământ de scurtă durată.** Este cazul tipic al rețelelor cu neutrul legat direct la pământ, unde orice punere la pământ înseamnă un scurt circuit monofazic, care se cere a fi deconectat într'un timp cât se poate de scurt.

In astfel de situații, din punctul de vedere al regimului termic, se poate presupune că întreruperea curentului de punere la pământ are loc înainte de terminarea primei etape a fazei tranzitorii, adică înainte ca un flux de căldură de egalizare sensibil să se fi produs.

Pornind dela relația stabilită mai sus :

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{1}{c} \cdot \frac{1}{\rho} \mathcal{E}^2 = \frac{\rho}{c} J^2 \tag{11}$$

$$\theta = \int_0^{t_1} \frac{\rho}{c} J^2 \, dt. \tag{12}$$

Dacă se notează cu t_f durata fictivă a scurtcircuitului, adică timpul în care curentul stabilizat de scurtcircuit ar produce același efect termic ca și curentul real de scurt circuit (variabil în timpul duratei efective a scurtcircuitului) și dacă se face în plus presupunerea unei densități de curent uniforme la suprafața s a electrodului, se deduce :

$$\theta_1 - \theta_0 = \frac{\rho}{c} \cdot \frac{I_\infty^2}{s^2} t_f \tag{13}$$

de unde

$$I_\infty = s \sqrt{\frac{c(\theta_1 - \theta_0)}{\rho t_f}} \tag{14}$$

cu valorile medii

$$c = 1{,}70 \ \frac{\text{W s}}{\text{cm}^3}$$

$\theta_1 - \theta_0 = 60°$ (această creștere de temperatură poate fi admisă ca o valoare acoperitoare chiar pentru lunile cele mai călduroase ale anului).

Rezultă condiția de stabilitate termică

$$s \geqslant I_\infty \sqrt{\frac{\rho t_f}{c(\theta_1 - \theta_0)}} = I_\infty \sqrt{\frac{1}{1{,}70 \times 60}} \cdot \sqrt{\rho t_f}$$

$$s \geqslant I_\infty \sqrt{\rho t_f} \cdot 10^{-4} \tag{15}$$

s în m^2
I în A
ρ în Ωm
t_f în s.

Pentru instalațiile de punere la pământ alcătuite din mai mulți electrozi, trebue să se țină

seama de distribuția neuniformă a curentului pe electrozi datorită fenomenului de ecranare. Această corecție se realizează printr'un coeficient α, astfel că formula devine

$$s \geqslant \alpha I_\infty \sqrt{\rho t_f} \cdot 10^{-4}. \qquad (16)$$

Menționăm că această formulă pentru calculul stabilității termice a prizelor de pământ în rețele cu curenți mari de punere la pământ, dar de scurtă durată, este recomandată de prescripțiile sovietice elaborate de Ministerul Centralelor Electrice U.R.S.S. în 1950 (coeficientul α se ia egal cu 1, 2).

Condiția de stabilitate termică astfel formulată este în general mai puțin severă decât cea privind repartiția admisibilă a potențialelor la suprafața solului. Acest lucru se poate ilustra cu următorul exemplu :

Fie de dimensionat priza de pământ a unei instalații de 110 kV cu nulul legat direct la pământ în următoarele ipoteze :

Curentul stabilizat de scurtcircuit	I_∞	= 1000 A
Durata scurtcircuitului (timp fictiv) . . .	t_f	= 2,8 s
Rezistivitatea maximă a solului	ρ_{max}	= 5000 Ωcm

Această priză se încadrează în categoria instalațiilor din rețele cu curenți mari de punere la pământ, pentru care se prescrie pentru rezistența de dispersiune valoarea maximă de 0,5 Ω.

Dacă se realizează o priză de pământ din țevi de 3 m lungime, 2'' diametru, dispuse la circa 5—6 m una de alta și legate prin benzi, rezultă :

— rezistența unei țevi :

$$R_t = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d} = \frac{5000}{2 \times 3{,}14 \times 300} \ln \frac{4 \times 300}{5} \cong 15\ \Omega$$

— dacă se admite un coeficient de utilizare $\eta_i = 0{,}6$ numărul necesar de țevi, va fi :

$$n = \frac{15}{0{,}5 \times 0{,}6} \cong 50.$$

Pentru asigurarea stabilității termice ar fi fost suficient să avem :

$$s \geqslant \frac{1000}{0{,}6} \sqrt{50 \times 2{,}8} \cdot 10^{-4} = 2{,}37\ \text{m}^2$$

adică, ținând seama de faptul că suprafața în contact cu solul a unui electrod este de :

$$S = 2\pi r 1 = 2 \times 3{,}14 \times 2{,}54 \times 300 = 4800\ \text{cm}^2$$

$$n' = \frac{2{,}37}{0{,}48} \cong 5 \text{ țevi.}$$

Se poate deci afirma că în general o instalație care satisface condiția decurgând din tensiunile de atingere și de pas admisibile, satisface implicit și condiția de stabilitate termică, (în cazul duratelor foarte mici a curenților de punere la pământ).

II. **Stabilitatea termică in rețele cu curenți de punere la pământ de lungă durată.** In această categorie intră rețelele cu neutrul izolat sau cu bobina de stingere. Aci o punere la pământ nu obligă la întreruperea serviciului, ci se permite în general ca funcționarea să continue un timp mai îndelungat, până la remedierea defectului.

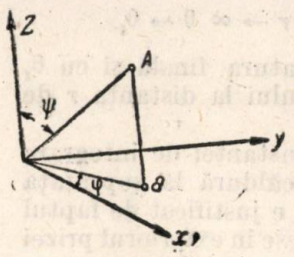


Fig. 1

Natural fenomenul de încălzire se va putea desvolta astfel încât să se depășească faza tranzitorie și să se atingă faza II-a (starea de regim termic).

Pentru determinarea curentului limită termic se va examina fenomenul în două ipoteze :

a) Neținând seama de prezența aerului în fenomenul de difuzare a căldurii ; se presupune deci priza îngropată la mare adâncime.

b) Ținând seama de prezența aerului în fenomenul de difuzare a căldurii.

a) *Prize îngropate la mare adâncime.* Ne vom referi mai întâi la cazul prizei sferice unde calculul se face mai ușor.

Ecuația de temperatură pentru starea de regim este

$$\Delta\theta = -\frac{1}{\rho\lambda} \mathcal{E}^2. \qquad (10\,a)$$

Dacă se utilizează coordonate curbilinii atunci se găsește pentru θ expresia :

$$\theta = \frac{1}{r^2 \sin\psi} \left[\frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \sin\psi \frac{\partial\theta}{\partial r} \right) + \right.$$

$$\left. + \frac{\partial}{\partial\psi} \left(\sin\psi \frac{\partial\theta}{\partial\psi} \right) + \frac{\partial}{\partial\varphi} \left(\frac{1}{\sin\psi} \cdot \frac{\partial\theta}{\partial\varphi} \right) \right]. \qquad (17)$$

Din motive de simetrie avem dreptul să admitem că temperatura variază numai după direcția r ; atunci

$$\Delta\theta = \frac{1}{r^2} \cdot \frac{d}{dr} \left(r^2 \frac{d\theta}{dr} \right) \equiv \frac{1}{r} \frac{d^2 (r\theta)}{dr^2}. \qquad (18)$$

Membrul al doilea al ecuației (10a) se scrie ținând seama de faptul că :

$$\mathcal{E} = \frac{\rho I}{4\pi r^2}$$

$$-\frac{1}{\rho\lambda} \cdot \frac{\rho^2 I^2}{16\pi^2 r^4} = -\frac{\rho I^2}{16\pi^2 \lambda r^4}$$

Așa dar :

$$\Delta\theta = \frac{1}{r} \cdot \frac{d^2 (r\theta)}{dr^2} = -\frac{\rho I^2}{16\pi^2 \lambda r^4} \qquad (19)$$

$$\frac{d^2 (r\theta)}{dr^2} = -\frac{\rho I^2}{16\pi^2 \lambda r^3}. \qquad (20)$$

Integrând de două ori se găsește :

$$\theta_F - \theta_I = -\frac{\rho I^2}{16\pi^2\lambda}\cdot\frac{1}{2r^2} + \frac{c}{r}. \qquad (21)$$

S'a pus condiția ca pentru $r \to \infty$ $\theta \to \theta_i$.

S'a notat cu θ_F temperatura finală și cu θ_I temperatura inițială a solului la distanța r de centrul prizei.

Pentru determinarea constantei de integrare se exprimă că fluxul de căldură la suprafața prizei este nul. Acest lucru e justificat de faptul că sursele de căldură se găsesc în exteriorul prizei și că priza nu este răcită. Toată căldura care se produce — ne referim la regimul staționar — este evacuată în afară

$$q = -\lambda \operatorname{grad}\theta = -\lambda\left[\frac{\rho I^2}{16\pi^2\lambda}\cdot\frac{1}{r^3} - \frac{c}{r^2}\right] \qquad (22)$$

$$q_{r=r_0} = 0 \qquad (22a)$$

rezultă :

$$c = \frac{\rho I^2}{16\pi^2\lambda r_0} \qquad (23)$$

prin urmare :

$$\theta_F - \theta_I = \frac{\rho I^2}{16\pi^2\lambda r}\left[\frac{1}{r_0} - \frac{1}{2r}\right]. \qquad (24)$$

Maximul lui θ se găsește, conform condiției de mai sus (22a) pentru $r = r_0$.

$$(\theta_F - \theta_I)_{max} = \frac{\rho I^2}{16\pi^2\lambda}\cdot\frac{1}{2r_0^2}. \qquad (25)$$

De unde rezultă condiția :

$$I \leqq \frac{4\pi r_0}{\rho}\sqrt{2(\theta_F - \theta_I)\lambda\rho}. \qquad (26)$$

Deoarece rezistența prizei sferice este :

$$R = \frac{\rho}{4\pi r_0} \qquad (27)$$

iar $RI = \varphi_0 =$ potențialul prizei, atunci :

$$\varphi_0 \leqq \sqrt{2(\theta_F - \theta_I)\lambda\rho}. \qquad (28)$$

Vom arăta în cele ce urmează că această relație este valabilă nu numai pentru priza sferică ci pentru orice fel de priză. Pentru aceasta ne referim din nou la relația fundamentală

$$\Delta\theta = -\frac{1}{\rho\lambda}\mathcal{E}^2 \qquad (10a)$$

Deoarece $\mathcal{E} = -\operatorname{grad}\varphi$

$$\Delta\theta = -\frac{1}{\rho\lambda}(\operatorname{grad}\varphi)^2. \qquad (29)$$

Se știe pe de altă parte că există identitatea

$$\Delta\psi_1\psi_2 \equiv \psi_1\Delta\psi_2 + \psi_1\Delta\psi_2 + 2\operatorname{grad}\psi_1\cdot\operatorname{grad}\psi_2. \qquad (30)$$

Dacă facem aci $\psi_1 = \psi_2 = \varphi$ rezultă

$$\Delta\varphi^2 \equiv 2\varphi\Delta\varphi + 2(\operatorname{grad}\varphi)^2. \qquad (31)$$

Introducând valoarea lui grad φ în (29) se găsește

$$\Delta\theta = -\frac{1}{\rho\lambda}\left[\frac{1}{2}\Delta\varphi^2 - \varphi\Delta\varphi\right] \qquad (32)$$

sau

$$\Delta\left(\theta + \frac{1}{2\rho\lambda}\varphi^2\right) = \frac{1}{\rho\lambda}\varphi\Delta\varphi \qquad (32a)$$

Dar potențialul φ satisface relația

$$\Delta\varphi = 0.$$

Deci

$$\Delta\left(\theta + \frac{1}{2\rho\lambda}\varphi^2\right) = 0. \qquad (33)$$

Prin urmare :

$$\theta + \frac{1}{2\rho\lambda}\varphi^2$$

este o funcție armonică de forma

$$f(x + iy) + g(x - iy).$$

Această funcție trebue să satisfacă și următoarele relații

— pentru $\varphi = 0$ $\theta = \theta_I$

— pentru $\varphi = \varphi_0$ gradientul funcției de temperatură trebue să fie nul, adică

$$\operatorname{grad}\theta = i\frac{\partial\theta}{\partial x} + j\frac{\partial\theta}{\partial y} = 0$$

sau

$$\frac{\partial\theta}{\partial x} = 0 \quad \text{și} \quad \frac{\partial\theta}{\partial y} = 0$$

Vom arăta că soluția

$$\theta + \frac{\varphi^2}{2\lambda\rho} = \theta_I + \varphi_0\frac{\varphi}{\lambda\rho} \qquad (34)$$

satisface aceste condiții.

1) Laplacianul membrului 2 este evident nul (deoarece $\Delta\varphi = 0$)

2) pentru $\varphi = 0$ $\theta = \theta_I$

3)

$$\frac{\partial\theta}{\partial x} = \frac{\varphi_0}{\lambda\rho}\cdot\frac{\partial\varphi}{\partial x} - \frac{1}{2\lambda\rho}\cdot 2\varphi\frac{\partial\varphi}{\partial x} = \frac{1}{\lambda\rho}\cdot\frac{\partial\varphi}{\partial x}(\varphi_0 - \varphi)$$

$$\frac{\partial\theta}{\partial y} = \frac{\varphi_0}{\lambda\rho}\cdot\frac{\partial\varphi}{\partial y} - \frac{1}{2\lambda\rho}\cdot 2\varphi\frac{\partial\varphi}{\partial y} = \frac{1}{\lambda\rho}\cdot\frac{\partial\varphi}{\partial y}(\varphi_0 - \varphi)$$

care evident sunt zero pentru $\varphi = \varphi_0$.

Prin urmare din (34) rezultă pentru $\varphi = \varphi_0$ temperatura maximă

$$\theta_{max} = \frac{\varphi_0^2}{\lambda\rho} - \frac{\varphi_0^2}{2\lambda\rho} + \theta_I$$

sau

$$\theta_{max} - \theta_I = \frac{\varphi_0^2}{2\lambda\rho}$$

și se găsește relația (28)

$$\theta_0 \leqq \sqrt{2(\theta_{max} - \theta_I)\lambda\rho}. \qquad (28)$$

Din relația (34) reiese și că suprafețele de egal potențial electric și cu suprafețele de egal

potențial termic se corespund, adică aparțin aceleiași familii de suprafețe.

Deasemenea este interesant de remarcat faptul că potențialul maxim admisibil al prizei, din punctul de vedere al stabilității termice, este independent de dimensiunile ei.

Din relația (28) rezultă pe de altă parte că cu cât rezistivitatea solului e mai proastă, cu atât putem admite o valoare mai ridicată pentru potențialul prizei și anume în raportul rădăcinilor pătrate ale rezistivităților

$$\varphi_2 = \varphi_1 \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}}. \qquad (35)$$

Aceasta nu înseamnă însă că în soluri de rezistivitate electrică redusă condiția de stabilitate termică e mai ușor de îndeplinit. Dimpotrivă, analizând relația (26) se observă că pentru a difuza un același curent I într'un sol de rezistivitate $\rho_2 < \rho_1$ va trebui să sporim dimensiunile electrodului conform relației :

$$r_{02} = r_{01} \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}}. \qquad (36)$$

Inlocuind în relația (25) parametri λ, ρ, $\theta_{max} - \theta_i$ cu valorile medii acoperitoare.

$$\lambda = 0{,}012 \text{ Watt/cm°C}$$
$$\rho = 40.000 \ \Omega \text{ cm}$$
$$\theta_{max} \leq \theta_I = 60°C$$
$$\varphi_0 \leq \sqrt{2 \times 60 \times 0{,}012 \times 40.000} = 240 \text{V}$$

Prescripțiile sovietice specifică referitor la acest caz :

„In instalațiile legate la rețele cu curenți mici de punere la pământ, potențialul prizei de pământ de protecție sau de lucru, față de pământ, la trecerea curentului de punere la pământ, nu trebue să depășească în orice anotimp 250 V adică :

$$I R \leq 250 \text{ V}$$

unde :

R este cea mai mare rezistență sezonieră a prizei de pământ în Ω ;

I — curentul de punere la pământ în A".

b) *Prize la suprafața solului.* Se va trata numai cazul electrozilor emisferici.

Prezența aerului va influența desvoltarea fenomenului termic în sensul că evacuarea căldurii produse se va face în condiții mai bune. Pentru a simplifica studiul se vor examina separat cele două cazuri posibile :

— aerul în mișcare

— aerul în repaos.

1. In primul caz se admite că temperatura la suprafața solului rămâne practic constantă și egală cu valoarea medie a temperaturii straturilor inferioare ale aerului. Cu alte cuvinte se atribue aerului în mișcare o capitate termică practic infinită. Suprafața solului devine o suprafață de egal potențial termic. Aceasta permite să se aplice în studiu metoda imaginii. Vom introduce în semispațiul superior surse de semn contrar, simetrice față de suprafața solului.

Fluxul de căldură produs de sursa elementară la distanța x de ea în sol omogen este

$$dq = \frac{dp}{4\pi x^2}. \qquad (37)$$

Dar conform (7)

$$q = -\lambda \frac{d\theta}{dx}.$$

Expresia temperaturii din punctul x, datorită sursei dp, se va determina efectuând integrala dealungul unei linii de curent (radială) între ∞ și punctul x

$$d\theta = \frac{dp}{4\pi\lambda} \cdot \frac{1}{x} \qquad (38)$$

cum

$$dp = \frac{1}{\rho} \mathcal{E}^2 \, d\tau$$

rezultă

$$d\theta = \frac{\mathcal{E}^2 \, d\tau}{4\pi\lambda\rho x}. \qquad (39)$$

Ținând seama de influența tuturor surselor se găsește

$$\theta = \frac{1}{4\pi\lambda\rho} \iiint \frac{\mathcal{E}^2}{x} \, d\tau. \qquad (40)$$

Din motive de simetrie, locul care posedă în sol cea mai înaltă temperatură se va găsi pe o axă perpendiculară pe suprafața solului, trecând prin centrul prizei. Vom cerceta prin urmare distribuția temperaturilor dealungul acestei axe, pornind dela acțiunea surselor elementare de căldură.

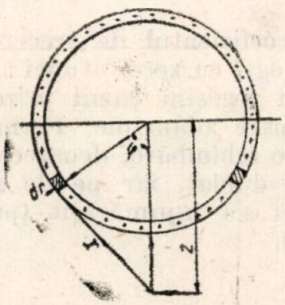


Fig. 2

Repartizarea în spațiu a surselor de căldură de egală intensitate corespunzând aceleiași intensități de câmp (v. relația (3)) se face în puncte simetrice de rotație în jurul axei, conform figurii

$$x = \sqrt{z^2 + r^2 - 2zr\cos\varphi} \qquad (41)$$

$$d\theta = \frac{1}{4\pi\lambda\rho} \left(\frac{\rho I}{2\pi r^2} \right)^2 2\pi r \sin\varphi \, r \, dr \, d\varphi \, \frac{1}{x}$$

$$d\theta = \frac{\rho I^2}{8\pi^2\lambda} \cdot \frac{d\mu \cdot dr}{r^3} \cdot \frac{1}{\sqrt{z^2 + r^2 + 2zr\mu}} \qquad (42)$$

unde s'a notat

$$\mu = -\cos\varphi. \qquad (43)$$

Dacă se efectuează integrala întâi relativ la coroana sferică elementară de surse termice reale

și reflectate și apoi relativ la întregul ansamblu de surse termice se găsește

$$\theta_{max} - \theta_I = \frac{\rho I^2}{8\pi^2 \lambda} \cdot \frac{1}{r^2} f\left(\frac{z}{r_0}\right) \qquad (44)$$

unde

$$f\left(\frac{z}{r_0}\right) = \frac{\sqrt{r_0^2+z^2}}{z} + \frac{r_0^2}{2z^2} \ln \frac{\sqrt{r_0^2+z^2}+z}{\sqrt{r_0^2+z^2}-z} - \frac{r_0^2}{z^2} - 1.$$

Această funcție prezintă un maxim egal cu 0,31 pentru

$$z \cong 1{,}2\, r_0$$

înlocuind în (44) se găsește

$$\theta_{max} - \theta_I = \frac{\rho I^2}{8\pi^2 \lambda} \cdot \frac{1}{r_0^2} \cdot 0{,}31 \qquad (44a)$$

$$I \leq \frac{2\pi r_0}{\rho} \sqrt{2(\theta_{max} - \theta_I)\lambda\rho} \cdot 1{,}8 \qquad (45)$$

sau

$$\varphi_{max} \leq 1{,}8 \sqrt{2(\theta_{max} - \theta_I)\lambda\rho}. \qquad (46)$$

Comparând formulele (28) și (46) se observă că aerul în mișcare are o influență sensibil favorabilă din punctul de vedere al stabilității termice a prizei. Potențialul admis în ultimul caz este cu 80% mai mare decât în primul caz.

2. Dacă aerul este în repaos studiul direct al fenomenului de propagare a căldurii devine extrem de anevoios. Ne putem da seama de ordinul de mărime al rezultatelor examinând două cazuri limită.

Dacă presupunem coeficientul de trecere a căldurii din sol în aer egal cu zero, atunci aplicând metoda imaginii regăsim cazul prizelor sferice îngropate la mare adâncime. Formula (26) nu va suferi nici o schimbare, deoarece pe deoparte curentul s'a dublat, iar pe de altă parte rezistența prizei s'a înjumătățit (priza reală fiind emisferică).

Dacă, din contra, coeficientul de trecere a căldurii din sol în aer este infinit, cădem peste cazul dela Nr. 1.

Prin urmare se poate scrie o formulă generală

$$\varphi_0 \leq k \sqrt{2(\theta_{max} - \theta_i)\lambda\rho} \qquad (47)$$

unde

$$1 \leq k \leq 1{,}8.$$

Din punct de vedere practic e recomandabil să lucrăm întotdeauna, pentru siguranță, cu $k = 1$.

Concluzii. Pe baza celor desvoltate până aci se pot trage următoarele concluzii pentru proectarea și verificarea instalațiilor de punere la pământ:

a) In instalațiile de punere la pământ care asigură, la suprafața solului, o repartiție nepericuloasă de potențiale, condiția de stabilitate termică este în general satisfăcută, dacă curentul de punere la pământ durează un timp foarte scurt (cazul rețelelor cu nulul legat direct la pământ).

b) Când pământul servește drept conductor de fază, de întoarcere sau de nul, condiția de stabilitate termică este de obiceiu mai grea decât cea pentru asigurarea unei repartiții nepericuloase de potențiale la suprafața solului și deaceea o verificare este neapărat necesară.

c) Instalațiile de punere la pământ cu caracter temporar, necesare efectuării de măsurători, este rațional a fi dimensionate numai din punctul de vedere al stabilității termice. In asemenea cazuri se vor lua însă măsuri pentru evitarea accesului oamenilor și animalelor în zona periculoasă din punctul de vedere al tensiunilor de atingere și de pas care pot eventual să apară.

Bibliografie

[1] *Ollendorf, F.*: Erdströme. Springer, Berlin. 1928.

[2] Min. Centr. electr. U.R.S.S.: Prescripții pentru construcția instalațiilor electrice. GEI. 1950.

[3] *Zapletal, M.*: Incărcarea admisibilă a prizelor de pământ din punct de vedere al încălzirii solului. Elektro technicky Obzor, 1952 Amp. nr. 8, pag. 356–361.

★

ТЕРМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Р е з ю м е

В настоящей статье рассматриваются тепловые явления которые сопровождают прохождение аварийных или рабочих токов через заземляющие устройства. Обеспечение термической устойчивости этих устройств в некоторых случаях является более трудновыполнимым условием чем получение безопасного расспределения потенциалов на поверхности земли.

MĂSURI TEHNICO-ORGANIZATORICE PENTRU AMELIORAREA FACTORULUI DE PUTERE ÎN INSTALAȚIILE ELECTRICE PETROLIFERE

Ing. TOMA COMĂNESCU

Plecând dela constatarea că — în exploatările electrice petrolifere — există un factor de putere scăzut, articolul cuprinde considerații asupra cauzelor obiective și subiective, care au condus la această stare de fapt. Pe baza cunoașterii acestor cauze, se fac o serie de recomandări de măsuri pentru ameliorarea factorului de putere.

In actuala situație, caracterizată printr'o dezvoltare continuă a industrializării, în toate sectoarele se pune problema utilizării cât mai raționale a disponibilului de putere și crearea condițiilor tehnice, pentru o mai bună exploatare energetică.

Cererile crescânde de energie electrică impun măsuri de economie a energiei electrice și — ca o preocupare de primul ordin în acest scop — figurează fără îndoială ameliorarea factorului de putere, în toate întreprinderile industriale.

Imbunătățirea factorului de putere este impusă de necesitatea unei politici energetice — rațională și economică — atât din punct de vedere al investițiilor, cât și al exploatării.

In cadrul economiei naționale, industria petroliferă ocupă un loc de frunte, reprezentând unul din importanții consumatori. Este normal deci ca tocmai aci să se îndrepte toată atenția, la marii consumatori în primul rând și să se vadă ce măsuri trebue luate pentru o reală îmbunătățire a factorului de putere.

Dacă, în ultimii zece ani, factorul de putere mediu era 0,6—0,63, în prezent el variază între 0,41—0,7, atingând o medie de 0,56, și chiar în șantierele desvoltate în ultimii ani, factorul de putere nu depășește valoarea de 0,57—0,6.

Este cunoscut faptul că puterea reactivă este aceea care strică factorul de putere.

In întreprinderile petrolifere, puterea reactivă consumată revine asupra motoarelor electrice asincrone în proporție cel puțin 75%, asupra transformatorilor până la 15%, restul revenind asupra rețelelor electrice aeriene și altele. Rezultă de aci că toată atenția trebue îndreptată asupra motoarelor electrice asincrone, în primul rând și asupra transformatorilor.

Pentru a ilustra situația prezentă în sistemul energetic petrolifer, vom prezenta câteva date statistice, privind unul din șantiere, care întrunește atât activitatea de foraj electric, cât și diversitatea instalațiilor de producție și auxiliare.

Raportând puterea instalată, la puterea real absorbită, rezultă că cea din urmă, reprezintă circa 18% din prima.

Din totalul puterii instalate, numai 4,9% reprezintă receptori neinductivi, restul de 95,1% fiind motoare electrice asincrone.

Situația este reprezentativă, pentru toate șantierele petrolifere.

In același șantier, factorul de putere variază între 0,4—0,6 rezultând un factor de putere mediu de 0,53, înglobând și două șantiere cu cel mai redus factor de putere pe întreprindere, respectiv 0,41 și 0,45. Factul de putere menționat în general, este factorul de putere natural.

Măsurile artificiale de ameliorare a factorului de putere, aplicate în mod sporadic, fără un plan sistematic, nu putem considera că au influențat substanțial factorul de putere natural.

Incercări de ameliorarea factorului de putere, putem constata totuși, în câteva din șantierele noastre petrolifere din cele mai vechi, încă din anul 1933.

Metoda aplicată, se referă la îmbunătățirea factorului de putere al instalației, prin utilizarea de condensatori electrostatici. Dar, deoarece într'o regiune de exploatare petroliferă, operau mai multe societăți petrolifere care nu procedau la aplicarea măsurilor indicate în comun, ci numai acei care nu exploatau și uzinele electrice și deci erau obligați de a lua măsuri, pe baza tarifului special — în raport cu valoarea factorului de putere, — nu s'a ajuns la o rezolvare integrală a problemei, în sistemul energetic.

In situația de astăzi, din numărul de receptori electrici montați, circa 4% sunt prevăzuți cu baterii de condensatori electrostatici.

Rezultatele exploatării, acolo unde s'au luat măsuri de compensare, sunt foarte bune.

Vom menționa în primul rând, că pentru a obține o tensiune acceptabilă de exploatare, la sondele de foraj izolate, depărtate de punctele de alimentare, s'au folosit baterii de condensatori electrostatici, de 100 kvar, la 0,5 kV, puterea maximă absorbită fiind de circa 220 kW. Este o măsură care a făcut posibil forajul electric în acele puncte, prin îmbunătățirea factorului de putere al instalației.

Din aplicațiile condensatorilor electrostatici, la instalațiile de pompaj de adâncime, vom spicui câteva din exemplele analizate, la un moment dat :

Puterea medie absorbită, kW	cos φ natural	Mărimea condensatorului montat, kvar	cos φ realizat	Consum lunar, kWh	Economie lunară, lei	Preț condensator, lei	Amortizare, luni
4,8	0,59	3	0,795	3200	555	9900	18
11	0,44	13,2	0,77	7600	2850	18500	$6^1/_2$
16	0,52	13,2	0,79	11000	2640	18500	7
22	0,67	6,6	0,78	13500	1065	11500	11
25	0,58	16,5	0,8	17500	3180	31000	$9^1/_2$

Datele de mai sus sunt concludente, în ceeace privește adoptarea acestui sistem.

— Prezența puterii reactive considerabile în sistemul energetic și deci un factor de putere real mai mic decât cel proectat și indicat pe tăbliță generatorului, are drept urmare o exploatare redusă a puterii mecanice instalate în uzină și în consecință grevează și asupra ratei de amortizare a utilajului mecanic.

Dacă de exemplu un turbogenerator de 10 000 kW a fost construit pentru un factor de putere de 0,8, puterea aparentă ar fi egală cu 12 500 kVA. Dacă însă în sistemul energetic alimentat de acest generator, se stabilește un cos $\varphi = 0{,}6$, atunci sarcina activă admisibilă a generatorului este de numai $P = 12\,500 \times 0{,}6 = 7\,500$ kW și în consecință generatorul poate fi încărcat activ numai până la această limită, deci și turbina este încărcată numai în proporție de 75%.

— Considerând acum motorul electric asincron, funcționând la o putere reală constantă, la o tensiune constantă, însă sub un factor de putere variabil, curentul său va varia invers proporțional cu factorul de putere.

— Trecerea curentului electric prin bobinajul generatorului, și prin conductorii dela generator la receptor, are ca efect încălzirea conductorilor și respectiv o pierdere de putere cafe este invers proporțională cu patratul factorului de putere.

Din analiza considerațiilor de mai sus, rezultă desavantajiile unui factor de putere redus, resimțite din plin și în industria de petrol.

a) La o putere constantă a receptorului, micșorarea factorului de putere conduce la pierderi mari de putere, respectiv pierderi mari de energie în rețea.

Se demonstrează că la un cos $\varphi = 0{,}5$, valoarea pierderilor este de 4 ori mai mare, decât la un cos $\varphi = 1$, din care trei părți sunt datorite puterii reactive și numai o parte puterii reale.

Considerând unul din șantierele petrolifere, unde valoarea energiei electrice absorbite ar fi de ordinul 150×10^6 kWh, dacă factorul de putere mediu actual de 0,6 s'ar îmbunătăți la 0,8, ar rezulta o economie anuală, asupra pierderilor în rețea de $14{,}6 \times 10^6$ kWh, deci 9,7% din energia electrică absorbită, care ar putea să aibă altă utilizare.

b) Căderile de tensiune pe linii sunt mult majorate. Este cazul să menționăm, că cea mai mare parte din căderea de tensiune se datorește curentului dewatat.

Rezultă, că la linii aeriene cu secțiuni mici ale conductorilor principali, pierderea de tensiune se determină prin puterea activă, pe când la liniile aeriene cu secțiuni mari ale conductorilor, pierderea de tensiune depinde în mare măsură de puterea reactivă care parcurge linia. Aceasta, deoarece rezistențele active ale conductorilor se micșorează invers proporțional cu secțiunile lor, în timp ce reactanțele rămân aproape constante.

Sunt încă șantiere, unde din cauza tensiunii scăzute, avem dificultăți în exploatare.

In aceeași ordine de idei, a reducerii căderii de tensiune în rețele, s'a introdus utilizarea motoarelor de 380 kW—6 kV la pompele de noroi la foraj și la pompele instalațiilor de recuperare secundară și s'a introdus tensiunea de 1000 Volți la utilizare în unele șantiere.

c) Capacitatea instalațiilor, atât la uzinele furnizoare cât și în rețele și la stații de transformare, trebue mult mărită, pentru a avea în vedere și surplusul de energie reactivă de furnizat și transportat.

Prezența puterii reactive într'un punct al rețelei produce o coborîre a factorului de putere, în funcție de proporția între puterile reale și reactive puse în joc, în acelaș punct. Factorul de putere într'o rețea așa dar, nu este uniform același, el depinzând de factorul de proporție, specific fiecărui punct al rețelei.

Rezultă de aci, că trebue să reducem cât mai mult posibil consumația de putere reactivă.

La fiecare cos φ, corespunde o anumită proporție, între puterea reactivă și cea activă și cu cât avem un cos φ mai mare, acest factor de proporție specific, este mai mic. Astfel, la un cos $\varphi = 0{,}7$, puterea reactivă dezvoltată este sensibil egală cu puterea reală. Instalația trebue dimensionată totuși pentru o putere aparentă de 143%, adică cu 43% mai mare, din cauza puterii reactive dezvoltate. La un cos $\varphi = 0{,}5$ și factorul de proporție specific 1,73, instalația trebue dimensionată pentru o putere aparentă de 200%, adică cu 100% mai mare, din cauza puterii reactive dezvoltate.

Toate dezavantajele menționate se traduc în investiții inutile, în uzini, transformatori și linii electrice, pe lângă celelalte inconveniente, privind exploatarea generală a sistemului și economia națională.

Ca ilustrare precizăm, că dacă se raportează puterea în kVA, instalată în posturile de transformare de zonă, petrolifere, la puterea maximă absorbită în kW, raportul este de circa 7 : 1, unde de fapt se include și coeficientul mic de utilizare al transformatorilor.

Fără a o putea încadra în cifre, cel puțin pentru liniile electrice și desigur și în uzinele electrice, situația se prezintă tot nesatisfăcătoare.

Astfel stând lucrările, problema factorului de putere depășește domeniul unei probleme pur economice, devenind o problemă capitală, care nu mai poate fi lăsată la aprecierea fiecărei întreprinderi, ci rezolvată printr'o soluție generală.

Luând în considerație specificul petrolifer, atât în ceeace privește sistemul de alimentare și distribuție a energiei electrice, cât mai ales procesul tehnologic în exploatare, care impune un anumit regim de lucru motoarelor electrice, vor rezulta pe lângă măsurile necesare oricărei industrii și măsuri speciale, dictate de condiții obiective.

Rețelele de distribuție au o mare lungime și cu multe ramificații, pentru a îmbrățișa toate punctele de consum petrolifere, destul de numeroase și repartizate pe o mare suprafață.

Sarcinile sunt mari şi periodic variabile, la aceeaşi instalaţie, care la rândul său nu are un caracter de durată (de ex. instalaţiile de foraj).

Mai mult încă, motoarele electrice asincrone şi transformatorii folosiţi în exploatările petrolifere au un specific din punct de vedere constructiv, în legătură cu gradul de securitate tehnică obligatoriu al instalaţiilor (de exemplu, întrefierul mărit) şi au condiţii specifice de exploatare, dat fiind întinderea reţelelor electrice de alimentare.

Toate acestea complică în oarecare măsură rezolvarea problemei ameliorării factorului de putere. Totuşi, cunoscând că principalii consumatori de energie electrică reactivă, care strică factorul de putere, sunt motoarele electrice asincrone şi transformatorii statici, se impune să-i cercetăm sub acest aspect şi apoi să concretizăm măsurile ce trebuesc luate.

A. Motoarele electrice asincrone.

1. După prescripţiile tehnice, privind exploatările electrice petrolifere, motorul electric asincron petrolier trebue să aibă întrefierul mărit, mai ales în cazul motoarelor cu lagăre pe cuzineţi. Prezenţa unui întrefier mărit conduce la mărirea rezistenţei magnetice, deci la o mărire a consumului de putere reactivă.

Pentru micşorarea consumului de putere reactivă, se impune mărirea factorului de putere nominal, al motorului.

2. Puterea reactivă consumată de motor la mersul în gol, care reprezintă 60-70% din puterea reactivă totală a motorului, când este pus la sarcina nominală, este în funcţie de curentul de magnetizare, care în mod practic este egal cu curentul de mers în gol.

Din documentaţia sovietică de specialitate rezultă că motoarele reparate, peste 70% au o consumaţie de putere reactivă nai mare decât cea normală şi circa 40% au o putere reactivă cuprinsă între 150—200% mai mare, decât cea iniţială de fabricaţie, din cauză că nu se respectă elementele de rebobinare (numărul de spire, secţiunea conductorilor, etc.) şi în general, nu există o preocupare pentru valoarea curentului de mers în gol realizată, după reparaţie. Şi aceasta este realitatea şi în cazul nostru, la motoarele electrice reparate în atelierele dela şantiere.

Din cauza condiţiilor grele de exploatare şi din cauză că majoritatea motoarelor noastre electrice funcţionează în aer liber, procentul de motoare, care au trecut prin atelierele noastre electrice pentru reparaţii, în cursul anului 1952, reprezintă 13,8% faţă de numărul total de motoare electrice instalate.

Această cifră ilustrează importanţa problemei.

3. Caracterul instalaţiilor petrolifere impune motorului electric o funcţionare sub un factor de încărcare redus şi totodată variabil, de ordinul 0,3—0,6, ceeace deasemenea conduce la o putere reactivă consumată, mare.

Dacă considerăm, de exemplu, un motor electric, care acţionează o pompă de adâncime, din diagrama de putere ridicată, chiar pentru o sarcină bine echilibrată, ceeace în general nu se realizează, puterea necesară a motorului electric trebue să fie mai mare decât puterea medie absorbită, pentru a face faţă condiţiilor de pornire sub sarcină şi vârfurilor ciclice de funcţionare ale pompei, cum rezultă din diagramele prezentate în fig. 1—2. Puterea electrică, necesară procesului de extracţie a ţiţeiului, reprezintă de fapt o mică parte din puterea absorbită real, necesară învingerii rezistenţelor mecanice, ale sistemului pompei de adâncime.

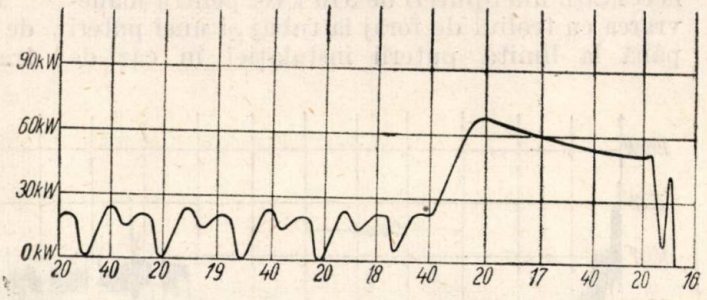


Fig. 1. Diagrama puterii absorbită la pornire şi în funcţionarea unei centrale de pompaj

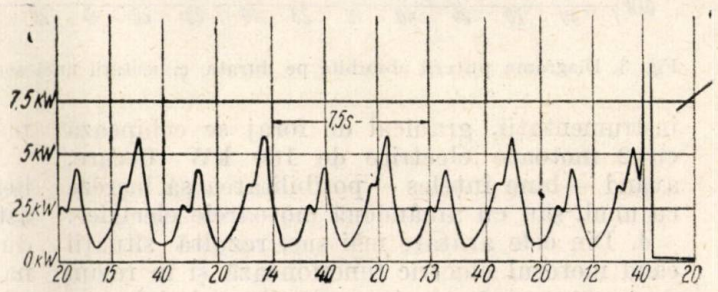


Fig. 2. Diagrama puterii absorbite la pornire şi în funcţionarea unei pompe de adâncime

*

Dar există şi deficienţe de exploatare, constatate obiectiv.

Vom prezenta aci, două exemple, luate la întâmplare :

— La o sondă în pompaj de adâncime, cu ocazia controlului, unde s'a găsit o echilibrare nesatisfăcătoare, s'a constatat o putere medie absorbită de 5,8 kW, cu vârfuri de putere de 10,2 kW, puterea instalată a motorulni electric fiind de 14 kW (puterea absorbită la pornire fiind mult mai mare).

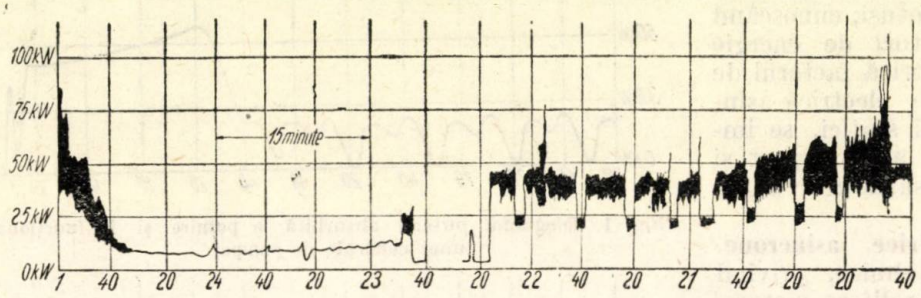
După echilibrarea pompei de adâncime, s'a realizat o putere medie absorbită de 5,6 kW, cu vârfuri de putere de 6,9 kW, ceeace a permis înlocuirea motorului electric existent de 14 kW, cu un motor electric de 7 kW.

Menţionăm, că motoarele electrice, care acţionează pompele de adâncime, au porniri foarte rare, deci motorul electric de 7 kW este indicat.

La forajul electric deasemenea, puterea necesară motoarelor, se calculează pentru a corespunde operaţiei celei mai grele — extragerea coloanei de forare —, deşi circa 70% din timpul forării, se foloseşte acelaşi echipament, pentru

operația de săpare, care necesită o putere mult mai mică. Mai ales în timpul cimentării unei sonde de foraj, motoarele care acționează pompele de noroi sunt supuse unui regim de solicitări foarte diferite (fig. 3).

Pentru exemplificare, vom arăta că la 2500 m adâncime, corespunzând unui anumit echipament de fund studiat, puterea necesară pentru forare este de circa 110—120 kW. Din cauza necesității unei puteri de 340 kW, pentru manevrarea cu troliul de foraj la tubaj și unei puteri până la limita puterii instalației în caz de



Fig, 3. Diagrama puterii absorbite pe durata cimentării unei sonde, la forajul electric.

instrumentații, granicul de foraj se echipează cu 2 motoare electrice de 160 kW fiecare, având — bine înțeles — posibilitatea să lucreze cu unul, sau cu amândouă motoarele electrice.

4. Din cele arătate mai sus, rezultă situații când motorul electric funcționează și în regim de suprasarcină (de exemplu, la tubajul sondelor). Dacă luăm în considerație, că motoarele noastre sunt construite pentru tensiunea de $3 \times 577/1000$ V, ele lucrând în majoritatea cazurilor într'o rețea cu tensiunea în jurul valorii de 500 V, apare iarăși efectul dăunător asupra regimului de funcționare al motorului prin supraîncălzire și sensibil, asupra factorului de putere.

B. Transformatorii electrici. La transformatori puterea reactivă de mers în gol este cea importantă, reprezentând circa 80% din puterea totală reactivă consumată.

Sub acest aspect, în șantierele petrolifere vom găsi mulți transformatori, care o bună vreme funcționează cu un factor de încărcare foarte redus, sub 0,5 chiar, unde o creștere a gradului de încărcare ar aduce o ameliorare simțitoare a factorului de putere. Uneori, cauzele sunt obiective, deoarece trecerea în producție a unui mic grup de sonde, necesită montarea unei stații de transformare, care are în vedere și dezvoltarea viitoare, deci se prevăd transformatori de putere mai mare decât ar fi necesar momentan.

Trebue amintită în aceeași ordine de idei, funcționarea transformatorilor de lumină din șantierele petrolifere, care — deși de puteri mici — totuși prin numărul lor relativ mare, ajung să reprezinte în totalitatea lor o cauză cu pondere considerabilă pentru micșorarea factorului de putere. Acești transformatori nu sunt încărcați decât circa 10—12 ore pe zi, deci circa 3600 ore pe an, în loc de 8760 de ore. In restul timpului, transformatorii de lumină, conectați la rețea în mers în gol, au pierderile în fier la valoarea lor inițială, acestea fiind independente de sarcină. Din cauza acestor pierderi constante în timp și ca valoare, scade atât randamentul mediu anual al transformatorilor până la circa 70% cât și se creează receptori constanți de energie reactivă cu un factor de putere foarte redus, care grevează asupra factorului mediu de putere al șantierului.

Deasemenea, dat fiind coeficientul variabil de simultaneitate al instalațiilor, posturile de transformare se dimensionează pentru a face față cererii maxime de putere. Sunt instalații, care nu funcționează decât periodic (de exemplu fricționanele, pompele de țiței, pompele de apă, etc.).

Apare clar din cele expuse mai sus, că motoarele electrice asincrone și transformatorii electrici, mai ales în condițiile de lucru în șantierele petrolifere, sunt mari consumatori de puteri reactive.

In sistemele energetice ale industriei petroliere, care cuprind în majoritate hotărîtoare astfel de receptori inductivi și în proporție redusă receptori cu rezistențe pur ohmice (iluminatul electric), pe lângă energia activă care pulsează dela uzină la receptori, circulă cu o frecvență dublă (100 per/s) energia reactivă într'un schimb permanent între uzină și motor și invers, mărimea ei fiind în funcție directă de unghiul de defazare φ.

Inseamnă, că pentru a ameliora factorul de putere, trebue să se micșoreze energia reactivă care circulă între uzină și consumator.

Pentru aceasta, se impun o serie de măsuri, care privesc proectarea instalațiilor noi și îmbunătățirea celor existente, fie prin raționalizarea exploatării electrice — măsuri tehnico-organizatorice — fie pe cale artificială — cari comportă investiții. Toate măsurile trebue puse de acord cu posibilitățile, în primul rând ale industriei noastre electrotehnice.

Aceste măsuri se concretizează astfel :

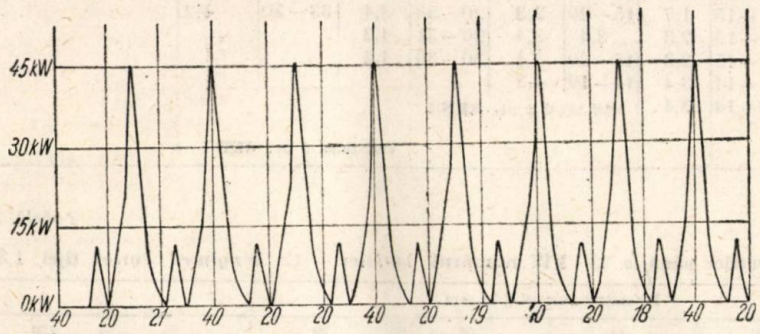
Măsuri tehnico-organizatorice. Aceste măsuri, se referă în general, la reducerea consumului de putere reactivă, în sensul că, receptorii să absoarbă — prin anumite măsuri luate — o putere reactivă mai mică și în consecință să crească factorul de putere natural.

1. Mărirea factorului de utilizare al motoarelor electrice asincrone prin adoptarea puterilor celor mai apropiate de nevoile reale ale exploatării.

— In mod practic, pentru instalațiile de pompaj de adâncime, se recomandă exploatării un permanent control cu cleștele ampermetru, în ceeace privește echilibrarea unităților de pompaj, adică prin contragreutăți să se egaleze efortul la manivelă, la cursa ascendentă și

descendentă. In felul acesta, vârfurile de putere cerute motorului electric se reduc, deci ne permite utilizarea unui motor de putere mai mică.

Pentru explicitare, prezentăm în fig. 4 diagrama puterii absorbite, într'o instalație prost echilibrată, iar în fig. 5 diagrama puterii absorbite, într'o instalație bine echilibrată.



Fig, 4. Diagrama puterii absorbite de o unitate de pompaj prost echilibrată

In plus, proectanții și exploatarea trebue să aibă în vedere echiparea unităților de pompaj cu motoarele electrice de puterea cea mai indicată, nu la voia întâmplării, ci pe baza unui calcul,care dealtfel este pus la punct și în general se practică la primul montaj, sau pe baza datelor confirmate de practică.

Problemele de alegerea tipului, puterii și parametrilor motoarelor electrice, pentru acționarea unităților de pompaj normale, au căpătat o importanță practică destul de mare.

Datorită cercetărilor teoretice și experimentale, făcute de o serie de institute științifice de cercetări, s'au obținut în acest domeniu succese considerabile în Uniunea Sovietică.

Tabelele arătate mai jos, pentru determinarea puterii și tipului motorului asincron, pentru regimurile de pompare recomandate ale unităților de pompaj de tip normal SKN-3, SKN-5 și SKN-7, sunt elaborate de Institutul Energetic al Academiei RSS Azerbaidjană, în scopul de a da un ajutor pentru industria de petrol.

In alegerea motorului pentru unitățile de pompaj, trebue să fie luați în considerație următorii factori : adâncimea coborîrii pompei ; debitul de lichid zilnic al sondei, diametrul pompei ; numărul de bătăi al balansorului ; lungimea cursei tijei solizate ; tipul unității de pompaj ; coeficientul de utilizare al întregii instalații de pompaj de adâncime ; coeficientul de umplere ; multiplul momentului de pornire al motorului electric, și căderea de tensiune în rețea.

In cazul dacă numărul de bătăi pe minut este mai mare decât 8, se recomandă motoare electrice de 1500 rot/m, iar dacă numărul de bătăi este 8 sau mai puțin — motorul trebue să fie de 1000 rot/m, ceeace trebue să constitue o preocupare și pentru noi, înlocuind motoarele electrice de 750 rot/m folosite astăzi, la acționarea unităților de pompaj de adâncime.

Valoarea practică a tabelelor arătate, este următoarea : sunt întocmite pe baza datelor experimentale de cercetări ; utilizând aceste tabele, putem determina, în afara puterii necesare a motorului, tipul unității de pompaj recomandat, precum și diametrul pompei.

Observații la tabele : A. Puterile motoarelor arătate în tabele, întrec puterile necesare medii de 1,1—1,5 ori, iar în unele cazuri de 2—2,5 ori (pentru valori mici ale puterilor necesare). Puterile sunt calculate, pentru numărul maxim de bătăi al balansorului.

B. In majoritatea cazurilor, motoarele electrice arătate în tabele, asigură multiplul momentului de pornire (luând în considerație rezerva de putere) de ordinul 1,7 și mai mult. In unele cazuri, acest multiplu este egal cu 1,5, ceeace este suficient pentru pornirea reușită a unității de pompaj.

Modul de folosire al tabelelor : *a*) Inainte de a folosi tabelele, trebue să fie precizată adâncimea coborîrii pompei H m și debitul zilnic de lichid a sondei — Q (t/zi).

b) Folosind unul din aceste trei tabele (inițial, indiferent care din ele), găsim rândul care corespunde valorii H.

c) Mișcându-ne spre dreapta, dealungul rândului, găsim coloana în care este arătat debitul zilnic — Q.

După această coloană, determinăm puterea motorului electric, diametrul pompei și tipul unității de pompaj.

d) Dacă în tabelul respectiv, asemenea coloană lipsește, atunci conform observației „vezi tabelul" — trecem la cel indicat. Folosind acest tabel, determinăm P_n, d și tipul unității de pompaj.

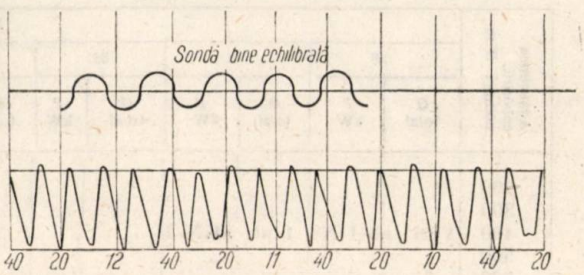


Fig. 5. Diagrama puterii absorbite de o unitate bine echilibrată

e) Dacă tipul unității de pompaj pentru instalație de pompaj respectivă, este deja cunoscut, folosind tabelul respectiv, determinăm puterea motorului și diametrul recomandat al pompei.

Exemple : a) Sunt date : adâncimea coborîrii pompei $H = 600$ m, debitul zilnic de lichid $Q = 13$ t/zi. Determinăm : unitatea de pompaj SKN-3, pompa ⌀ 38 mm, motor electric $P_n = 3{,}4$ kW.

b) Sunt date : $H = 900$ m, $Q = 17$ t/zi. Determinăm : SKN-5, $d = 32$ mm, $P_n = 5{,}8$ kW.

Tabela 1

Pentru unități de pompaj SKN-3 (motoare electrice, numărul bătăilor 14 lungimea cursei tijei 0,9 m)

Adâncimea coborîrii pompei H m	Diametrul pompei d, în mm												Observații
	28		32		38		44		56		70		
	Q to/zi	P kW	Q to/zi	P kW	Q to/zi	P kW	Q to/zi	P kW	Q to/zi	P kW	Q to/zi	P kW	
200	5—8	1,1	8—11	1,1	11—15	1,7	16—21	1,7	21—34	2,3	34—52	3,2	
300	5—8	1,1	8—11	1,7	11—15	1,7	15—20	2,3	20—33	3,4	33—50	4,2	
400	5—8	1,7	8—11	1,7	11—15	2,3	3,4	3,4	20—31	4,2			
500	5—8	2,3	8—11	2,3	11—15	2,3	15—20	3,4	20—30	4,2			
600	5—8	2,3	8—11	3,4	11—14	3,4	14—19	4,2					
700	5—8	2,3	8—10	3,4	10—14	3,4	Vezi tabel 2 pt. SKN-5						
800	2—8	3,4	8—10	3,4									
900	2,5	3,4							Vezi tabel 3 pt. SKN-7				

Tabela 2

Pentru unitătile de pompaj SKN-5 (motoare electrice până la 12 kW numărul bătăilor — 12, lungimea cursei tijei 1,8 m

Adâncimea coborîrii pompei H m	Diametrul pompei d în mm															
	28		32		38		44		56		70		95		120	
	Q to/zi	P kW	Q to/zi	P kW	Q to/zi	P kW	Q to/zi	P kW	Q to/zi	P kW	Q to/zi	P kW	Q to/zi	P kW	Q to/zi	P kW
200									52—57	4,5	57—89	4,5	89-170	10	170 - 225	12
300									50—56	4,5	56—88	5,8	88-160	12	160 - 200	13
400	Vezi tabel Nr. 1 pt. SKN-3						32—34	4,5	34—55	5,8	55—87	8	87-120	13		
500							30—31	4,5	34—54	5,8	55—85	10				
600					19—26	4,5	26—34	5,8	34—52	8	52—70	12				
700			14—18	4,5	18—25	4,5	25—33	5,8	33—50	10						
800	10—14	4,5	14—18	4,5	18—25	5,8	85—32	8	32—43	12						
900	7—14	4,5	14—18	5,8	10—25	5,8	25—32	10								
1000	7—14	4,5	14—18	5,8	18—24	8	24—30	10								
1100	7—14	5,8	14—18	8	18—25	10										
1200	7—14	5,8	14—17	8												
1300	4—14	8	14—17	10	Vezi tabel Nr. 3 pt. SKN-7											
1400	4—12	8														
1500	4— 5	10														

Tabela 3

Pentru unitătile de pompaj SKN-7 (motoare electrice, numărul bătăilor balansorului 12, lungimea cursei tijei 5 m)

Adâncimea coborîrii pompei H m	Diametrul pompei d în mm															
	28		32		38		44		56		70		95		120	
	Q to/zi	P kW	Q to/zi	P kW	Q to/zi	P kW	Q to/zi	P kW	Q to/zi	P kW	Q to/zi	P kW	Q to/zi	P kW	Q to/zi	P kW
200													225—272	16	272—425	21,5
300													160—270	21,5	270—320	29
400	Vezi tabel Nr. 1 pt. SKN-3								87—94	16	94-148	21,5	148—265	29	265—325	36
500									85—94	16	94-146	21,5	146—265	36		
600									70—93	16	93-144	21,5	144—165			
700									62—91	16	91-142	29				
800									60—90	21,5	90-140	36				
900									58—89	21,5	89-135	36				
1000									56—86	29						
1100	Vezi tabel Nr. 7 pt. SKN-5						53—56	16,	56—85	29						
1200					34—43	16	43—55	21,5	55—75	29						
1300					36—42	16	42—54	21,5	54—65	36						
1400					35—41	16	51—53	29								
1500					30—40	21,5	40—49	29								
1600	Obs. pt. SKN-6				30—40	21,5										
1700			25—30	16	30—39	29										
1800	20—23	16	23—29	21,6	29—38	29										
1900	16—23	21,5	23—29	27,5	29—37	29										
2000	11—23	21,5	23—28	29	28—33	36										
2100	11—23	21,5	23—28	29												
2200	10—23	21,5														
2300	10—23	29														
2400	10—18	29														

c) Sunt date : $H = 300$ m, $Q = 70$ t/zi. Determinăm : SKN-5, $d = 70$ mm, $P_n = 5{,}8$ kW.

d) Sunt date : $H = 2100$ m, $Q = 12$ t/zi. Determinăm : SKN-7, $d = 28$ mm, $P_n = 21{,}5$ kW.

e) Sunt date : tipul unității de pompaj SKN—3, $H = 500$ m, $Q = 25$ t/zi ; folosind tabela 1, determinăm : $P_n = 4{,}2$ kW, $d = 56$ mm.

*

— In ceeace privește forajul electric, se recomandă echiparea granicelor de foraj, cu motoare

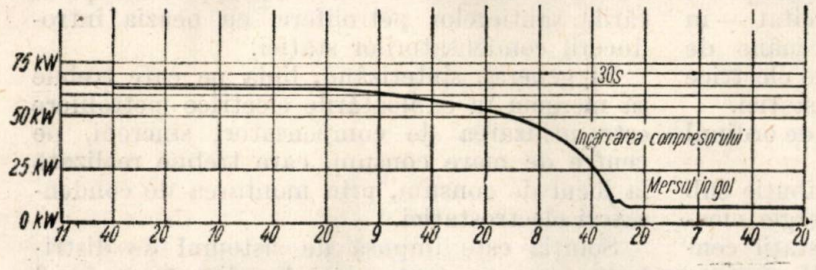


Fig. 6. Mersul în gol și încărcarea compresorului

electrice calculate pentru elementele respective ale sondei și introducerea instalației sovietice „P.I.R.", cu un motor sau două, separat pentru acționarea directă a masei rotative, în timpul perioadei de săpare, când puterea absorbită necesară, este relativ mică.

In legătură cu această problemă trebue luate măsuri, ca sondele în foraj, până la o adâncime determinată, să se alimenteze cu un singur transformator, iar al doilea să se lege în paralel abia pentru a doua jumătate a perioadei de foraj, în vederea reducerii pierderilor în fier și deci și pentru ameliorarea factorului de putere.

— In această privință, atât la producție cât și la foraj se va avea în vedere, ca să nu riscăm, utilizând motoare, a căror putere să fie depășită ceeace ar conduce la o încălzire de suprasarcină a motorului, respectiv la uzarea lui, înainte de termen.

2. Evitarea mersului în gol al motoarelor, mai ales la instalațiile electrice de intervenție și reparații la sonde, precum și în atelierele mecanice de șantiere, unde se recomandă limitatori automați de mers în gol, în acest scop.

3. Controlul reparațiilor motoarelor electrice în ceeace privește curentul de mers în gol, realizat după reparație.

4. Comutarea înfășurărilor statorului, din triunghiu în stea, la motoarele care lucrează cu sarcină mică și au înfășurările statorului în triunghiu. In acest caz, tensiunea de fază se micșorează în raportul $\sqrt{3}$, cuplul învârtitor se micșorează de 3 ori, însă factorul de putere se mărește.

5. Evitarea mersului în regim sub încărcat, sau în gol al transformatorilor. Aceasta implică echiparea stațiilor și posturilor de transformare cu unități potrivite (la foraj s'au adoptat stații de transformare transportabile, cu două unități de 300—320—420 kVA, care numai la nevoie pot funcționa în paralel) și echiparea transformatorilor, cu aparataj de protecție, pe tensiunea primară și secundară.

Imbunătățirea artificială a factorului de putere. Această problemă conduce la un număr mare de soluții. Vom expuue pe cele mai uzuale, ținând seama și de posibilitățile industriei noastre electrotehnice și de utilajele uzuale în instalațiile electrice petrolifere.

1. Se recomandă utilizarea motoarelor sincrone, sau asincron-sincronizate, în locul celor asincrone, soluție interesantă, dar care ar comporta o serie de măsuri, pentru viitor, în ceeace privește exploatarea.

Motoarele asincron-sincronizate, sau sincrone, nu pot fi folosite, decât în cazul când nu există variații de cuplu, deci numai la anumite pompe — prevăzute special, pentru funcționare cu regim constant, în cazul pompelor centrifuge, compresoarelor de aer, sau la compresoarele de gaze (complicații, în legătură cu securitatea instalațiilor). Tot la motoarele în funcționare sincronă, trebue avut în vedere, ca numărul pornirilor să fie mic și cu posibilitatea pornirii în gol.

Remarcăm deasemenea, că și cuplul obișnuit la sincronism este de maxim 0,75—0,8 din cuplul normal al motorului asincron.

Pentru informare și documentare, prezentăm diagrama de funcționare a unui compresor de gaze, de unde rezultă, că regimul tehnologic ar indica folosirea motoarelor cu funcționare sincronă.

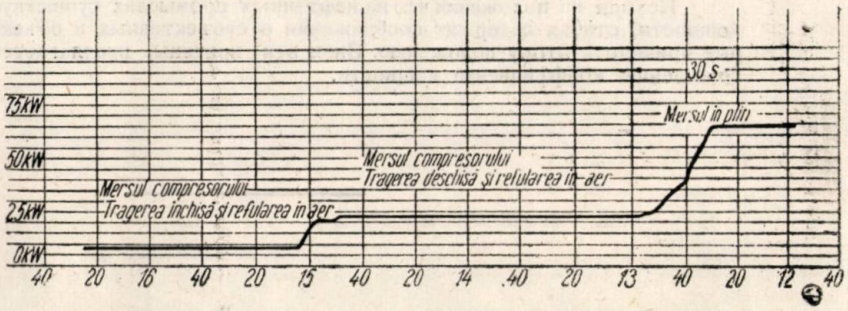


Fig. 7. Mersul în plin, cu tragerea deschisă și închisă și refulare în aer

Totuși, putem trage concluzia, că motoarele cu funcționare sincronă au un domeniu limitat de utilizare, în industria de petrol.

2. Utilizarea de compensatori sincroni. Din documentații rezultă că utilizarea compensatorilor sincroni nu este avantajoasă, decât la puteri mari de 5000—15 000 kvar. Consumul propriu al compensatorilor sincroni, este de circa 5%.

Se pare totuși, că aceasta va constitui primul pas în rezolvarea problemei, dat fiind că industria noastră electro-tehnică și-a însușit acest utilaj.

Montarea compensatorilor sincroni se recomandă în centre de mare consum și indicativ, vedem utilizarea lor în cadrul sectoarelor alimentate în 6 kV, din stații de transformare regionale de 2 × 3200 kVA sau 2 × 5600 kVA—25 (35)/6 kV, cum avem în șantierele petrolifere noi.

3. Deși mijlocul tehnic cel mai perfecționat și în același timp eficace și economic, pentru ridicarea factorului de putere al instalațiilor, este socotit motorul sincron supraexcitat — în regim de compensator sincron — rămâne de foarte mare interes pentru exploatările electrice petrolifere, utilizarea condensatorilor statici.

Consumul propriu este foarte redus, de ordinul 0,4%.

Având în vedere sistemul de distribuție sub 6 kV, adoptat în alimentarea cu energie electrică a șantierelor petrolifere, prin stații centrale de transformare de 25 (35)/6 kV, precum și introducerea pe scară tot mai mare a tensiunii de utilizare de 6 kV la receptorii de mare putere, apare ca foarte indicat, utilizarea condensatorilor statici de 6 kV, pe centre mari de consumatori grupați și la stațiile centrale de transformare.

Este indicată și utilizarea condensatorilor statici de 0,5 kV, fie montați individual, în paralel cu fiecare motor electric asincron, fie montați pe grupe de receptori (stații de compresoare, stații de pompare de țițeiu, etc.). Din cauza investițiilor mărite și în special a complicației la întreținerea unui număr mare de baterii de condensatori montate la receptori individuali, se recomandă în orice caz montarea unor baterii de compensare centrală, la stațiile de transformare ale sectoarelor de consum.

Este interesant de menționat că, condensatorii statici reacționează față de atacul supratensiunilor nestaționare, care apar în cazul descărcărilor atmosferice, drept paratoneri destul de eficace, fără a suferi în cele mai multe cazuri, deteriorări ale dielectricului lor. Această calitate s'ar face resimțită cu foarte mare folos în exploatările șantierelor petrolifere, cu ocazia introducerii condensatorilor statici.

In general, sintetizând, linia pe care trebue să mergem în exploatările electrice petrolifere este utilizarea de compensatori sincroni, pe centre de mare consum, care trebue realizată la locul de consum, prin montarea de condensatori electrostatici.

Soluția este impusă de sistemul de distribuție — centre puternice de alimentare în 6 kV — și receptori de mică putere foarte numeroși și distribuiți pe o mare suprafață, alimentați în 6 kV și în 0,6 kV.

Bibliografie

[1] *Litvac L. B.* : Problemele ameliorării factorului de putere, în întreprinderile industriale. Editura Energetică de Stat, 1952 (trad.).

[2] *Budeanu, C.* : Problema factorului de putere, în instalațiile electrice R.P.R. 1951.

★

ТЕХНИКО-ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРЫ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ НЕФТЯННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Резюме

Исходя из положения что на нефтяных промыслах существует низкий коэффициент мощности, статья содержит соображения о субъективных и объективных причинах, которые привели к этому положению. Зная эти причины, предлагается ряд мер ведущих к повышению коэффициента мощности.

IN SCOPUL IMBUNĂTĂȚIRII ACTIVITĂȚII REVISTELOR A.S.I.T.

Biroul Consiliului Central A.S.I.T., întrunit în ședință lărgită cu conducerile revistelor A.S.I.T. și a secțiilor de specialitate, reprezentanți ai ministerelor, precum și activul permanent al revistelor, a luat în discuție activitatea și conținutul lor și a constatat că, în cursul anului 1953, revistele A.S.I.T. au realizat progrese pe linia legării științei de practică, sprijinind în mai mare măsură decât în trecut, activitatea inginerilor și tehnicienilor din întreprinderi, Institute de Cercetări și Proiectări. Ele au publicat contribuții originale la rezolvarea unor probleme importante ale producției, au prezentat realizări ale tehnicii înaintate din Uniunea Sovietică și din țara noastră.

S'a constatat însă că în activitatea comitetelor de redacție mai există multe lipsuri, care trebue înlăturate printr'o orientare mai hotărîtă a revistelor către problemele tehnice mai importante și actuale.

Hotărîrea luată de Biroul Consiliului Central A.S.I.T. cu acest prilej, stabilește măsurile necesare îmbunătățirii activității revistelor A.S.I.T., astfel ca ele să devină un sprijin în a cadrelor tehnice în munca pe care o depun în vederea ridicării nivelului de trai material și cultural al oamenilor muncii, potrivit Hotărîrii Plenarei lărgite a C.C. al P.M.R. din 19—20 August 1953. Măsurile preconizate de Hotărîre vor trebui să ducă la legarea temeinică a revistelor de problemele practice importante și imediate ale producției cu scopul desvoltării continue a tehnicii și lărgirii considerabile a cercurilor de cititori.

Pentru aducerea la îndeplinire a acestor măsuri, revin sarcini comitetelor de redacție, secțiilor de specialitate ale Consiliului Central A.S.I.T., filialelor și cercurilor A.S.I.T.

Astfel, revistele sunt chemate să-și îmbunătățească fundamental munca în toate sectoarele de specialitate și să se orienteze cu hotărîre spre tratarea problemelor legate de producția bunurilor de larg consum și a mijloacelor de producție de construirea de locuințe, institute de învățământ culturale și sanitare, de lărgirea bazelor de materii prime, ajutând la folosirea maximă a capacității de producție, la ridicarea continuă a productivității muncii, la descoperirea și mobilizarea rezervelor interne, la îmbunătățirea calității produselor, la protecția și tehnica securității muncii.

Comitetele de redacție vor trebui să-și lege temeinic activitatea, adresându-se prin conținutul lor oamenilor de știință, inginerilor și tehnicienilor, ca și celor mai înaintate cadre de fruntași ai producției (stahanoviști, inovatori, etc.).

Revistele își vor deschide paginile articolelor de critică, stimulând activ lupta de opinii, împotriva a tot ce este învechit îșI dăunător pentru promovarea experienței celei mai înaintate în producție.

Comitetele de redacție vor strânge în jurul revistelor un mare număr de colaboratori și de corespondenți din toate specialitățile, pe care îi va îndruma în tratarea celor mai importante probleme ale producției. Vor organiza consfătuiri cu cititorii pe filiale sau în unele mari întreprinderi.

Secțiile de specialitate ale Cosiliului Central A.S.I.T. vor sprijini comitetele de redacție în mobilizarea unui cerc larg de colaboratori și corespondenți, vor analiza periodic activitatea comitetelor de redacție.

Filialele și cercurile A.S.I.T. au rolul de a stimula redactarea de articole strâns legate de producție, de a organiza dezbaterea articolelor în cercuri și secții de specialitate, în scopul aplicării practice a soluțiilor în procesul de producție.

R E C E N Z I E

G. I. AŞKENAZI : *„Culegere de probleme din tehnica iluminatului"*. Traducere din limba rusă. Editura Energetică de Stat — 1953, pag. 114, 1 planşe, lei 5,58.

In „Culegere de probleme din tehnica iluminatului", autorul adună exerciţiile pe care le-a propus spre rezolvare la cursul „Bazele teoretice ale tehnicii iluminatului", predat între anii 1946—1949 de către Prof. L. D. Belkind la Institutul de Energetică „V. M. Molotov" din Moscova.

In afară de problemele întocmite în mod special de către autor, sunt folosite în această culegere şi unele probleme din manualele de tehnică a iluminatului, modificate şi având un caracter practic pronunţat. Se acordă atenţie problemelor de calcule colorimetrice.

Pornind dela premiza că, pentru rezolvarea unor astfel de probleme se cere folosirea unor date şi unor grafice speciale şi dela faptul că încă nu există un îndreptar de specialitate pentru tehnica iluminatului, din care să se poată lua aceste date, autorul dă în anexă un material documentar bogat şi foarte util.

Problemele din Culegere sunt grupate în 6 capitole, după o tematică alcătuită în legătură cu realităţile tehnice din domeniul iluminatului : Capitolul I cuprinde 41 probleme de energie radiantă, mărimi şi unităţi de măsurat, legile radiaţiei şi corpuri radiante. Capitolul II priveşte mărimile şi unităţile fotometrice şi cuprinde 40 probleme. In Capitolul III sunt prezentate 30 probleme de fotometrie, iar în Capitolul IV sunt cuprinse 37 probleme legate de acţiunea mediului asupra fluxului luminos.

Capitolul V tratează calculele colorimetrice în 39 probleme, iar Capitolul VI cuprinde 32 probleme de calcule de iluminat.

Materialul documentar din anexă cuprinde o serie de importante date necesare rezolvării problemelor din culegerea recenzată. Ele au drept subiect : Distribuţia energiei în sectorul radiatorului integral, la diferite temperaturi ; Valorile unor caracteristice ale wolframului la diferite temperaturi ; Variaţia eficacităţii luminoase a fluxului luminos, a puterii şi a duratei de serviciu a lămpilor cu incandescenţă, în funcţie de tensiune ; Vizibilitatea relativă a radiaţiei monocromatice la lumina zilei ; Tabelă de trecere dela densitatea optică D la factorul de transmisie τ ; Vizibilitatea relativă a radiaţiei monocromatice în timpul nopţii ; Valorile indicelui de refracţie pentru câteva corpuri ;

In ce priveşte distribuţia energiei în spectre, găsim anexe pentru : Distribuţia relativă a fluxului radiant în spectrul lămpilor cu descărcări în gaze, în domeniul vizibil al spectrului ; Distribuţia energiei în spectrul lămpii cu incandescenţă, umplută cu gaz, cu filament de wolfram de 180 W, în spectrul arcului obişnuit cu electrozi de cărbune, în spectrul arcului de mare intensitate şi în spectrul lămpii fluorescente cu lumina zilei ; distribuţia relativă a energiei în spectrul solar la limita superioară a atmosferii, la înălţimea medie şi la nivelul mării, la amiază, în domeniul vizibil al spectrului ; Distribuţia relativă a energiei în spectrul izvoarelor luminoase standard A, B, C, E, şi al lămpilor cu incandescenţă cu vid, având $T_c = 2360\,°K$, în domeniul vizibil al spectrului ; Factorii de reflecţie ai unor suprafeţe reflectante în domeniul vizibil al spectrului.

In anexă se mai cuprind apoi şi date privind : Caracteristicile filtrelor de lumină ; Factorii de transmisie ai unor filtre de lumină de 2 mm grosime, în domeniul vizibil al spectrului ; Coeficienţii tricromatici şi coeficienţii specifici de culoare ai radiaţiei monocromatice ; Produsele $F\lambda\,x\lambda$, $F\lambda\,y\lambda$, $F\lambda\,z\lambda$, pentru izvoarele standard A, B şi C ; Lungimile de undă pentru calculul culorii după metoda ordonatelor selecţionate ; Parametrii principali ai lămpilor normale cu incandescenţă ; Caracteristicile tipurilor principale de corpuri de iluminat ; Valorile numerice ale unor mărimi folosite în tehnica iluminatului ; Diagrama colorimetrică pentru trecerea dela coeficienţii tricromatici x, y, z, la nuanţa λ_d şi puritatea culorii p (%) luate faţă de izvorul luminos standard (A, B, C) şi de izvorul luminos cu repartiţie uniformă a energiei (izvorul E) ; în fine, este redată, diagrama colorimetrică de contrast egal, calculată de către Laboratorul de fototehnică al Institutului Unional de Electrotehnică.

Cartea recenzată cuprinde o bibliografie de specialitate precum şi numeroase scheme şi grafice explicative.

„Culegerea de probleme din tehnica ilumintaului", poate servi prin conţinutul ei de nivel superior şi de specialitate, precum şi prin tratarea materiei, ca manual didactic auxiliar atât pentru studenţii cari frecventează cursurile de tehnică a iluminatului precum şi pentru cei dela alte specialităţi din institutele energetice.

Inginerii şi tehnicienii de specialitate găsesc în această culegere multe elemente folositoare.

Al. S. B.

INDICAȚIUNI PENTRU AUTORI

Redacția roagă autorii să țină seamă la întocmirea manuscriselor, de următoarele:

1. Subiectele trimise spre publicare să fie în strânsă legătură cu sarcinile concrete ale Planului Cincinal și ale Planului de Electrificare și să reflecte munca și realizările dela locul de producție, precum și însușirea experienței și tehnicei sovietice.

2. Tratarea subiectelor să fie făcută la un nivel științific și tehnic ridicat cu consultarea literaturii sovietice de specialitate și într'un stil clar, sobru și concis, evitându-se repetările inutile.

3. Se vor respecta regulile ortografice ale Academiei R.P.R., iar notațiile și termenii tehnici să fie în concordanță cu standardele în vigoare.

4. Expunerea să nu depășească în general 10 — 12 pagini dactilografiate.

5. Articolele să fie scrise la mașină, în dublu exemplar, pe o singură față a hârtiei, la două rânduri, cu o margine în stânga de 5 cm, iar corecturile după dactilografiere să fie executate cu cerneală, pe ambele exemplare. In mod excepțional articolele vor putea fi scrise și de mână, însă numai cu cerneală, foarte citeț și tot pe o singură față a hârtiei.

6. Articolele să fie însoțite de un rezumat de aproximativ 10 rânduri.

7. Articolele să fie însoțite de desene, grafice și fotografii; numărul lor să fie numai cel strict necesar înțelegerii textului.
Desenele să fie executate în tuș negru, pe hârtie de calc, respectându-se normele STAS. In cazul când în mod excepțional, vor fi executate cu creionul, desenele să fie curate și clare. Indicațiile sau notațiile de pe desene vor fi scrise citeț. Fotografiile vor fi clare având dimensiunile de cel puțin 9 × 12 cm.
Desenele, graficele și fotografiile trebue trimise odată cu articolul, dar nu lipite pe manuscris, ci separat, adăugându-se și o listă a lor, care să cuprindă neapărat legendele respective.
Fiecare desen sau fotografie va purta un număr de ordine corespunzător cu cel menționat în text. In textul articolului se va arăta locul figurilor.

8. Formulele să fie scrise de mână, cu cerneală și foarte citeț. Indicii să fie scriși mai jos, iar exponenții mai sus; și unii și ceilalți, mai mici decât simbolurile.

9. Tabelele care vor sintetiza rezultatele cercetărilor să fie explicate și să se indice unitățile de măsură în care sunt alcătuite. Unitățile de măsură străine vor fi transformate în cele metrice.
Titlurile rubricilor se vor scrie complet, fără prescurtări. Conținutul tabelelor va fi scris cu cea mai mare atenție pentru a se evita strecurarea erorilor.

10. Autorii sunt obligați ca la finele articolelor să indice bibliografia utilizată. Această indicare se va face în modul următor:
Pentru tratate: numele autorului, titlul lucrării, localitatea și editura, anul apariției, volumul, pagina.
Pentru periodice: numele autorului, titlul revistei, n-rul, anul, pagina.

11. Toate articolele vor fi semnate de autor. Autorii vor indica totodată, citeț, numele și pronumele complet, adresa, instituția unde lucrează și numerele de telefon spre a li se putea face comunicări în caz de nevoie, precum și domiciliul și circumscripția financiară pentru a li se putea remite drepturile de autor.

12. Articolele care tratează rezultate de cercetări sau realizări vor purta viza instituției respective.

13. In cazul când li se trimit corecturile, autorii sunt obligați să le restitue în termen de maximum 24 ore, neadmițându-se nicio modificare față de manuscris.

14. Remunerarea articolelor și a desenelor se face după apariție potrivit tarifului în vigoare.

ABONAMENTELE

SE PRIMESC LA TOATE OFICIILE POȘTALE DELA ORAȘE ȘI SATE, PRIN FACTORI POȘTALI, PRIN PROPAGANDIȘTI, PRECUM ȘI LA SECȚIILE RAIONALE DE DIFUZARE A PRESEI

Tarif pentru întreprinderi — *LEI 96 anual*

Tarif pentru muncitori, tehnicieni, ingineri — *LEI 30 anual*

E 2039

KAT

ENERGETICA

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Gyulajos Mihaly Könyvtár TULAJDONA

Institut de Documentare Tehnică
BUCUREŞTI
U.T.M.E.I. - C.S.T.R.I.
VYMENA - WYMIANA
TAUSCH - CMEHA

2

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT
1954

ENERGETICA

Apare lunar sub îngrijirea unui Comitet de Redacţie

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Anul II ★ Februarie 1954 ★ Nr. 2 Redacţia: Bucureşti, B-dul 1848 Nr. 10 ★ Tel. 3.07.30 3.57.28

SUMARUL

	Pag.
C. Mateescu: Indici funcţionali pentru calculul barajelor economice	49
I. Vlădea: Exemple de calcul şi indicaţii constructive pentru turnurile de răcire	56
G. Hercz: Rolul granulaţiei prafului de cărbune în funcţionarea cazanelor cu praf de cărbune	65
N. Mihai: Utilizarea viniplastului la instalaţiile de epurare chimică a apei din centralele termoelectrice	71
P. Dimo: Determinarea momentului şi locului unde trebue tratat neutrul prin evaluarea supratensiunilor prelungite	76
M. Preda: Contribuţii la teoria filtrelor de componente simetrice şi la măsurarea componentelor simetrice în cazul tensiunilor de linie	83
P. Militaru: Rigle de calcul speciale pentru determinarea inductanţei şi capacităţii liniilor electrice aeriene	88
A. Rittenberg: Discuţie în jurul instrucţiunilor pentru utilizarea aluminiului în instalaţiile electrice la consumatori	91
RECENZIE	92

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Кристя Матееску: Функциональные показатели для расчета экономичных плотин	49
И. Влэдя: Примеры расчета и конструктивные указания для градирень	56
Г. Херц: Роль грануляции угольной пыли при работе котлов на угольной пыли	65
М. Нистор: Использование винипласта для установок химической очистки воды на ТЭС	71
П. Димо: Определение момента и места заземления нейтрали на основании расчета „длительных" перенапряжений	76
М. Преда: Вклад в теорию фильтров симметрических составляющих и относительно измерения симметрических составляющих в случае линейных напряжений	83
П. Милитару: Специальные счетные линейки для определения индуктивности и емкости электрических воздушных линий	88
А. Риттенберг: Обсуждение инструкций по использованию алюминия для потребительских электроустановок	91
РЕЦЕНЗИИ	92

INDICI FUNCȚIONALI PENTRU CALCULUL BARAJELOR ECONOMICE

Prof. Dr. Ing. CRISTEA MATEESCU

MAJDONA

Continuând studiul indicilor barajelor-rezervoare se cercetează indicii funcționali W= volumul de zidărie și β=V/W coeficientul de colitate, în funcție de principalii parametri variabili. Se examinează un număr de cazuri din Alpi și Carpați și se caută funcțiunile algebrice cele mai potrivite cazurilor naturale întâlnite în special în Carpați. In concluzii se arată cum influențează diferiți parametri variația lui W și a lui β și cum să se țină seama de aceste variații la alegerea amplasamentelor și a înălțimilor de baraj optime.

Pentru stabilirea înălțimii h ce trebue să o aibă un baraj, intervin pe lângă o serie de considerații tehnice, unele calcule de economie, la care se folosesc indici de forma unor funcțiuni de h.

In cele ce urmează se vor examina acești indici funcționali ținând seama cât mai mult de condițiile reale, naturale, ale lucrărilor, spre deosebire de studiile ce s'au publicat de diferiți autori, studii având un caracter prea schematic, fără suficientă legătură cu natura.

In cercetările de mai jos se vor folosi rezultatele din studiul publicat anterior în revistă *), unde au fost cercetate funcțiunile topografice S și V ale rezervoarelor.

1. **Volumul de beton W, al barajului.** Pentru fiecare amplasament, se dimensionează, în stadiul de proiectare preliminară, un baraj de greutate, din beton, având diferite înălțimi și se evaluiază volumele de beton, construindu-se curba $W = f(h)$.

Din articolul precedent s'a văzut că, în cazurile cele mai frecvente din natură, cuveta unui baraj-rezervor poate fi considerată că are un profil trapezoidal de lățime B (medie) la nivelul albiei majore, cu versanți plani având taluzul mediu $1/m$ și cu o pantă longitudinală medie a văii, I.

Cu aceste definiții, volumul cuvetei la înălțimea h se poate exprima prin formula :

$$V = ch^3 + dh^2 \qquad (1)$$

cu notațiile :

$$c = \frac{m}{3I} \text{ și } d = \frac{B}{2I}. \qquad (1')$$

Tot astfel și la locul barajului, suntem îndreptățiți a admite că profilul cel mai frecvent este acel trapezoidal și că și alte profile se pot asimila profilului trapezoidal.

Pentru a face studii comparative, este necesar a admite deocamdată un singur tip de baraj, de exemplu tipul „de greutate" din beton, cu parametrul amonte vertical și parametrul aval.

Vom folosi notațiile următoare :

B_0 este lățimea albiei, la adâncimea ei medie;

m_0 — cotg θ, fructul mediu al celor doi versanți;

h—înălțimea de apă socotită dela nivelul mediu al albiei la nivelul maxim al apei, socotit la deversarea debitului extraordinar;

z—spațiul de gardă deasupra înălțimei de apă h, în care se cuprinde și înălțimea valurilor;

t—adâncimea medie a fundațiilor sub nivelul terenului;

D — lățimea coronamentului pe partea nedeversantă, admițând că se constitue un deversor având lungimea de creastă B_0.

Desigur că în cazurile reale intervin și alți parametri, iar formele construcției sunt mai complicate. Pentru studii tehnico-economice, din care căutăm a trage concluzii generale, ar fi însă inutil a mai considera și alți parametri.

Volumul de beton dela teren la retenția maximă, definită mai sus, este :

$$W_1 = \frac{1}{2}\lambda h^2 B_0 + \frac{1}{3} m_0 \lambda h^3.$$

Suprafața tălpii de fundație, la adâncimea t sub teren, în proiecție orizontală :

$$F \cong B_0 \lambda (h + t) + m_0 \lambda (h + t)^2. \qquad (2)$$

Volumul betonului în fundație :

$$W_2 \cong F \cdot t = m_0 \lambda t h^2 + (B_0 + 2 m_0 t) \lambda t h + \\ + B_0 \lambda t^2 + m_0 \lambda t^3.$$

Volumul betonului suplimentar, la coronament :

$$W_3 = 2 m_0 h D \left(z + \frac{D}{2\lambda} \right).$$

Volumul total al betonului :

$$W = W_1 + W_2 + W_3 = \frac{1}{3} m_0 \lambda h^3 + \\ + \left(\frac{B_0}{2} + m_0 t \right) \lambda h^2 + \left[B_0 \lambda t + 2 m_0 \lambda t^2 + \right. \\ \left. + 2 m_0 D \left(z + \frac{D}{2\lambda} \right) \right] h + B_0 \lambda t^2 + m_0 \lambda t^3. \qquad (3)$$

Formula se poate simplifica, scriind $B_0' = B_0 + 2 m_0 t$ sau $B_0' = B_0 + 2 t$ după cum $m_0 \gtrless 1$. Mărimea B_0' reprezintă lățimea albiei la nivelul terenului, prelungită lateral până la roca de fundație (fig. 1). Apoi termenul provenit

*) *C. Mateescu*: Funcțiuni topografice caracteristice ale barajelor rezervoare, Energetica, Nr. 12, 1953 pp 1—5.

din coronament poate fi neglijat, iar în locul ultimilor doi termeni independenți de h, se poate pune expresia $B'_0 \lambda t^2$ care, după încercări

scopul comparabilității, deși unele din acestea vor trebui poate construite „în arc" sau altele din anrocamente.

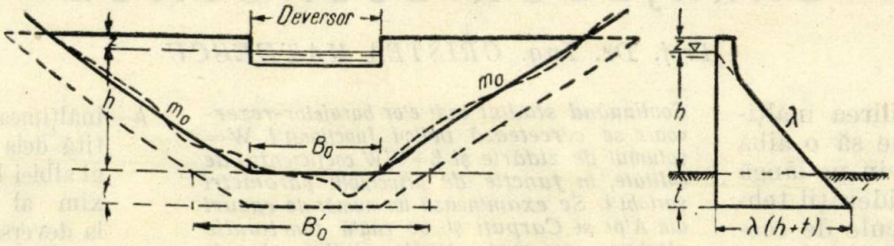


Fig. 1. Schema barajului tip

făcute pe exemple, compensează aproximările în minus. Am avea astfel :

$$W = \frac{m_0 \lambda}{3} h^3 + \frac{B'_0 \lambda}{2} h^2 + B'_0 \lambda t h + B'_0 \lambda t^2 \quad (3)'$$

sau

$$W = eh^3 + fh^2 + gh + j \quad (3)''$$

în care factorii puterilor lui h sunt definiți prin relațiile :

$$e = \frac{m_0 \lambda}{3}, \quad f = \frac{B'_0 \lambda}{2}, \quad g = B'_0 \lambda t, \quad j = B'_0 \lambda t^2. \quad (4)$$

In cazurile din natură, apare adesea necesitatea a se studia alte forme de baraje și a folosi alte materiale decât barajul de beton de greutate. Trecerea dela tipul acesta din urmă la alte tipuri cum ar fi, de exemplu, barajul de anrocamente sau barajul în arc nu se poate face în ceeace privește evaluarea volumului și a costului, pe baza de simpli coeficienți de proporționalitate, dată fiind influența parametrilor m_0, B_0 și t. Ar fi desigur interesant a se face un studiu luând ca baraj tip altul decât barajul de beton de greutate, dar în studiul de față nu ne ocupăm de această problemă.

2. **Coeficientul de calitate al barajului, β.** Coeficientul de calitate al barajului $\beta = \frac{V}{W}$ se obține în practică dând lui h diferite valori în expresia lui W și luând valorile lui V din curba $V = \Phi(h)$.

Inainte de a face considerații teoretice asupra variației lui β, arătăm în fig. 2 o serie de curbe (h) obținute pentru 11 baraje din Alpi (după datele pentru V și W publicate de Serviciul hidrotehnic federal al Elveției) și în fig. 3 pentru 4 baraje din Carpații R.P.R., calculate de noi, toate ca baraje de greutate de beton, în

Din examinarea curbelor β pentru barajele din munții Alpi, rezultă că majoritatea curbelor au alura barajului nr. 2 *) β crescând cu înălțimea h, însă dela o anumită înălțime creșterea este foarte înceată. In puține cazuri, după trecerea printr'un maximum, β scade cu creșterea lui h (barajul nr. 6 și nr. 13) sau valorile lui β scad chiar dela început (barajul nr. 10 cu care se proiectează supraînălțarea nivelului unui lac de eroziune glaciară).

In cele 4 cazuri din Carpații R.P.R., deși râurile considerate sunt foarte diferite ca mărime, geografie fizică și geologie, curbele β au alură asemănătoare, β crescând dela valoarea zero, mai întâi repede și apoi mai încet, având tendința de a ajunge la valori asimptotice, când h ia valori foarte mari. Intr'adevăr, aceasta rezultă din examinarea tabelei 1, în care au fost trecute valorile W, calculate cu formula (3'), cu întrebuințarea parametrilor m_0, B'_0, λ și t conform cu situația locală. Cum pe de altă parte, V a fost exprimat prin formula parabolei cubice (vezi articolul publicat în „Energetica" nr. 12 din 1953), raportul

$$\beta = \frac{V}{W} = \frac{ch^3 + dh^2}{eh^3 + fh^2 + gh + j} \quad (5)$$

tinde, când $h \to \infty$, către valoarea asimptotică limită

$$\beta_{lim} = \frac{c}{e} = \frac{m}{m_0 I \lambda} \quad (6)$$

și această valoare a fost calculată și trecută în tabela 1 și în graficele lui β.

*) Numerotația locurilor de baraje din Alpi, este aceea din articolul precedent asupra funcțiilor topografice ale barajelor, citate mai înainte.

Tabela 1

Parametrii fizico geografici ai unor baraje din Carpați

Nr.	$V = ch^3 + dh^2$		m_0	B_0	t	B'_0	λ	$W = eh^3 + fh^2 + gh + j$				$\beta_{lim} = \frac{c}{e}$
	c	d		m	m	m		e	f	g	h	
10	119	1565	0,4	28	6	40	0,75	0,10	15	180	180	1190
11	108	1320	1	12	6	24	0,75	0,25	9	108	648	432
18	1150	5240	3	35	5	65	0,80	0,80	26	260	1300	1440
20	962	62000	5/3	105	25	188,3	0,86	0,48	81	4050	101000	2010

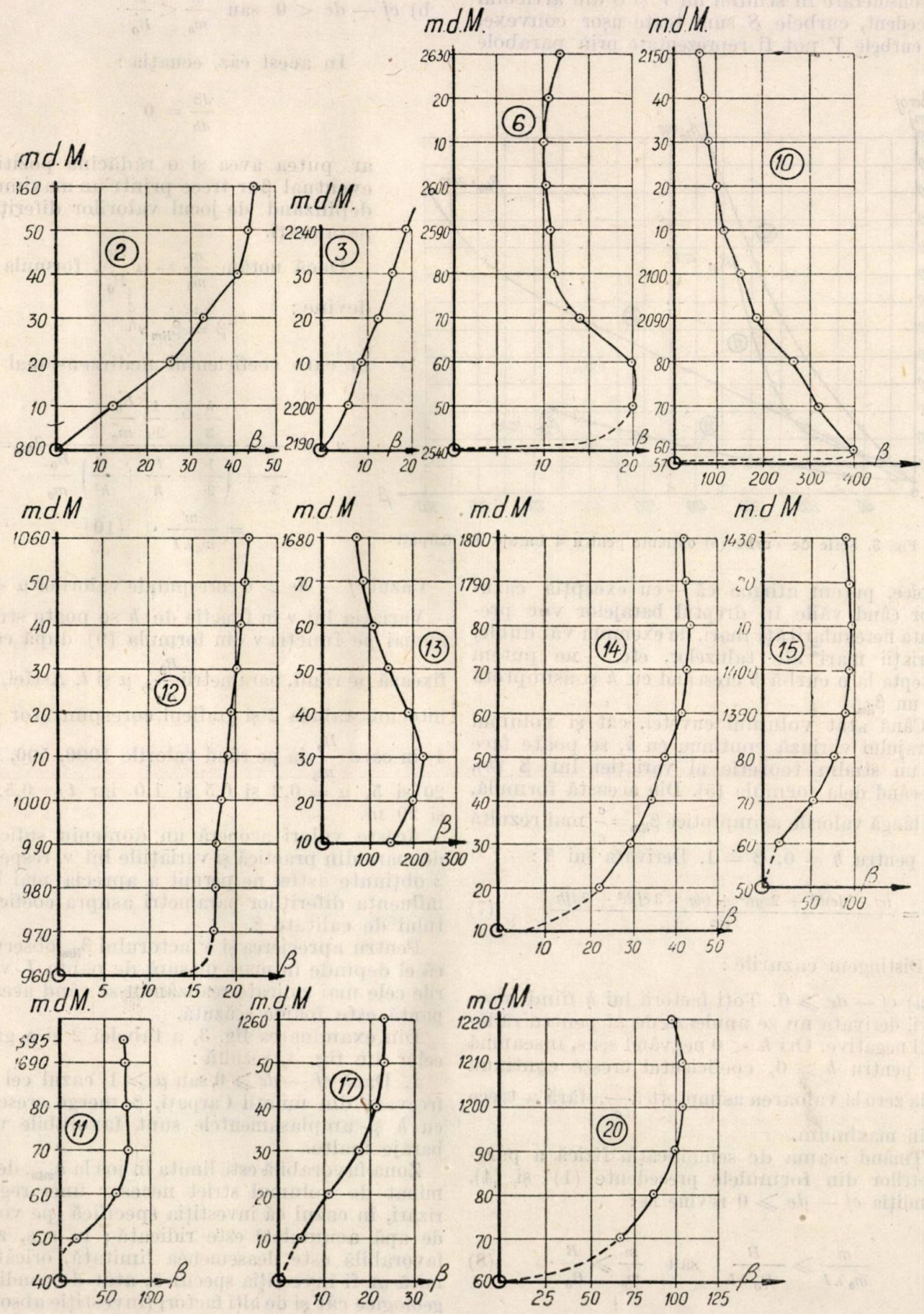


Fig. 2
Serie de curbe (*h*) obținute pentru 11 baraje din Alpi

Cum alura lui β depinde de forma cuvetei și cum pentru toate 20 barajele din Carpați luate în considerare în studiul lui V și S din articolul precedent, curbele S sunt toate ușor convexe, iar curbele V pot fi reprezentate prin parabole cubice, putem afirma că — cu excepția cazurilor când văile în dreptul barajelor vor prezenta neregularități mari, de exemplu văi duble, variații mari ale taluzelor, etc. — ne putem aștepta la o curbă β crescând cu h și asimptotă la un β_{lim}.

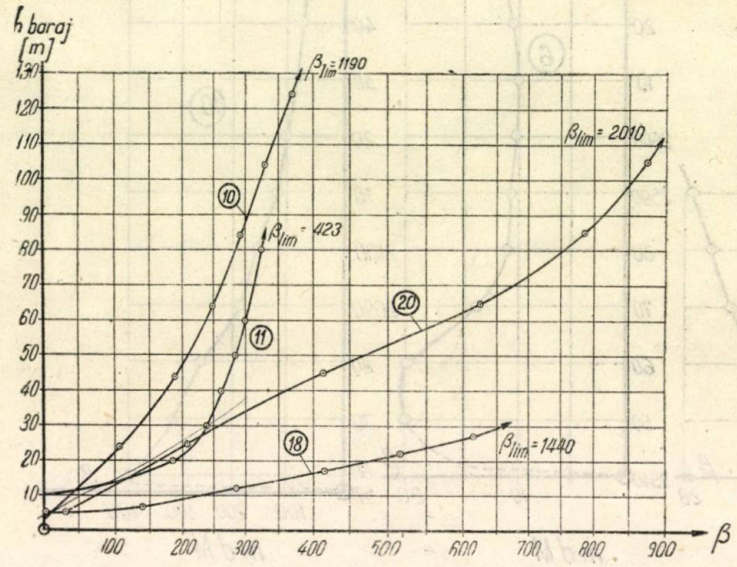


Fig. 3. Serie de curbe (h) obținute pentru 4 baraje din Carpați

Când atât volumul cuvetei, cât și volumul barajului variază continuu cu h, se poate face și un studiu teoretic al variației lui β (h), plecând dela formula (5). Din această formulă, pe lângă valorile asimptotice $\beta_{lim} = \frac{c}{e}$ mai rezultă că pentru $h = 0$, $\beta = 1$. Derivata lui β:

$$\frac{d\beta}{dh} = \frac{(cf - de)h^4 + 2cgh^3 + (dg + 3cf)h^2 + 2djh}{W^2}. \quad (7)$$

Distingem cazurile:

a) $cf - de \geqslant 0$. Toți factorii lui h fiind pozitivi, derivata nu se anulează decât pentru rădăcini negative. Ori $h < 0$ neavând sens, înseamnă că pentru $h > 0$, coeficientul crește continuu dela zero la valoarea asimptotică $\frac{c}{e}$, fără a trece prin maximum.

Ținând seama de semnificația fizică a parametrilor din formulele precedente (1)′ și (4), condiția $cf - de \geqslant 0$ revine la:

$$\frac{m}{m_0 \lambda I} \geqslant \frac{B}{B_0' \lambda I} \quad \text{sau} \quad \frac{m}{m_0} \geqslant \frac{B}{B_0'}. \quad (8)$$

In acest caz intră graficele β (fig. 3) ale celor patru baraje din Carpați — pentru care am verificat îndeplinirea condiției (8) și probabil întră aproape toate cele 20 baraje din studiul anterior.

b) $cf - de < 0$ sau $\frac{m}{m_0} < \frac{B}{B_0'}$.

In acest caz, ecuația:

$$\frac{d\beta}{dh} = 0$$

ar putea avea și o rădăcină pozitivă, eventual β ar trece printr'un maximum, depinzând de jocul valorilor diferiților parametri.

Dacă notăm $\frac{m}{m_0} = \mu \frac{B}{B_0'}$, formula (5) devine:

$$\beta = \beta_{lim} \nu \quad (9)$$

în care coeficientul nedimensional ν:

$$\nu = \frac{\frac{h}{3} + \frac{1}{2\cdot\lambda}\frac{B_0'}{m_0}}{\frac{h}{3} + \left(\frac{1}{2} + \frac{t}{h} + \frac{t^2}{h^2}\right)\frac{B_0'}{m_0}} \beta_{lim} = \frac{m}{m_0 \lambda I}. \quad (10)$$

Cazul $cf - de > 0$ corespunde valorilor $\mu < 1$.

Variația lui ν în funcție de h se poate studia numai pe funcția ν din formula (9) după ce se fixează pe rând, parametrii $\frac{B_0'}{m_0}$, μ și t. Astfel, s'a întocmit tabela 2 și graficul corespunzător (fig. 4) în care $\frac{B_0'}{m_0}$ ia pe rând valorile 1000, 500, 100, 20 și 5, $\mu = 0{,}2$ și 0,5 și 1,0 iar $t = 0{,}5$, 10 și 20 m.

Aceste valori acoperă un domeniu suficient de mare din practică și variațiile lui ν, respectiv β obținute astfel ne permit a aprecia mai bine influența diferiților parametri asupra coeficientului de calitate β.

Pentru aprecierea și a factorului β_{lim} observăm că el depinde în mare măsură de panta I, valorile cele mai ridicate realizându-se când această pantă este foarte scăzută.

Din examinarea fig. 3, a tabelei 2 și a graficelor din fig. 4, rezultă:

1. Dacă $cf - de \geqslant 0$ sau $\mu \geqslant 1$, cazul cel mai frecvent din munții Carpați, β merge crescând cu h și amplasamentele sunt favorabile unor baraje înalte.

Zona favorabilă este limita în jos la h_{min}, determinat de volumul strict necesar unei regularizări, în cazul că investiția specifică (pe volum de apă acumulat) este ridicată; în sus, zona favorabilă este deasemenea limitată, oricât de mică ar fi investiția specifică, atât de condițiile geologice cât și de alți factori (investiție absolută prea mare, volum de apă inutil de mare față de stocul anual, pierderi prea mari prin evaporații și infiltrație, etc.).

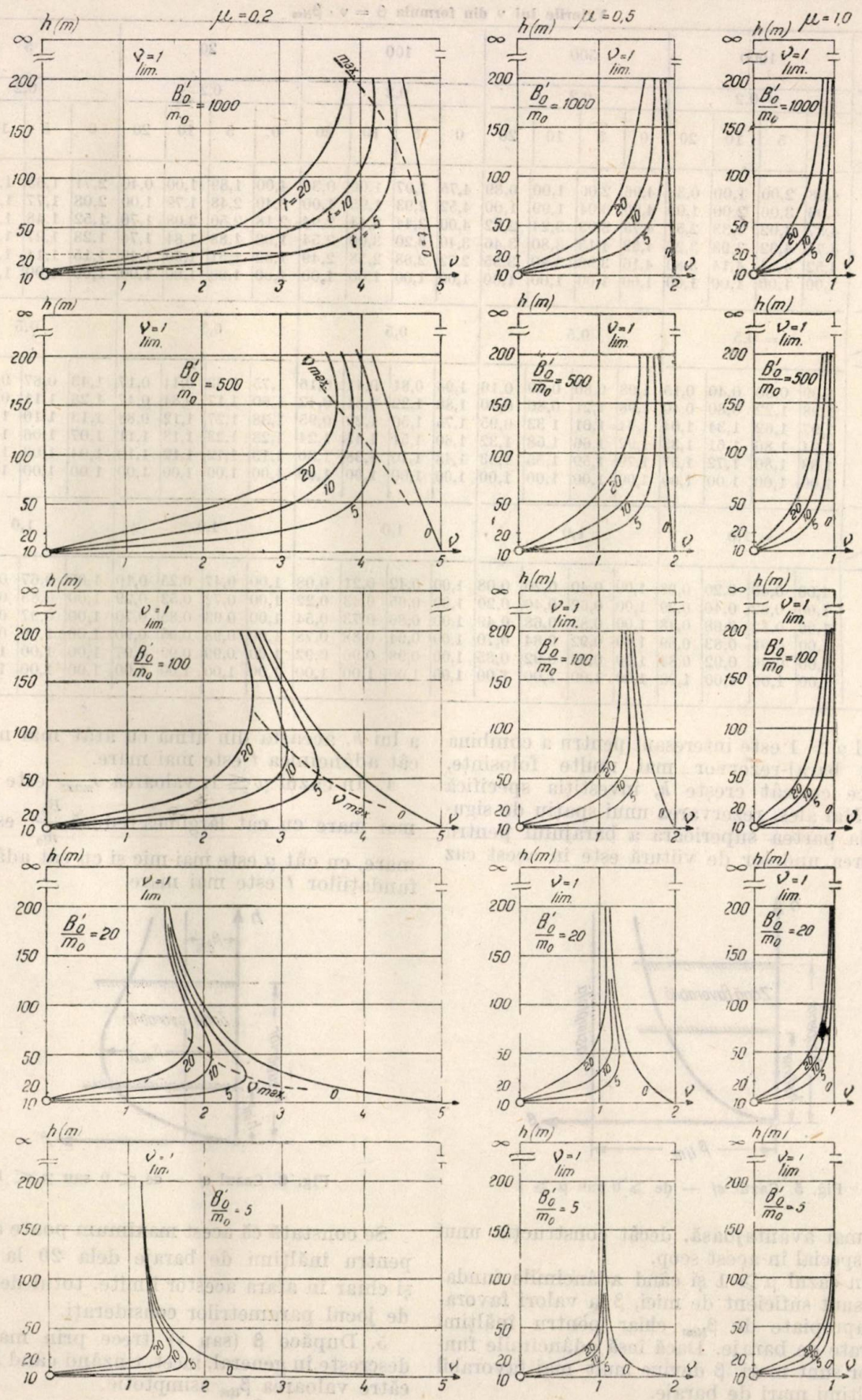


Fig. 4. Parametrii $\frac{B'_0}{m_0}$, μ și t la diferite valori.

Tabela 2

Valorile lui ν din formula $\beta = \nu \cdot \beta_{lim}$

$\frac{B_0'}{m_0}$(m)	1000				500				100				20				5			
μ	= 0,2				0,2				0,2				0,2				0,2			
h(m) \ t(m)	0	5	10	20	0	5	10	20	0	5	10	20	0	5	10	20	0	5	10	20
10	4,98	2,00	1,00	0,38	4,96	2,00	1,00	0,39	4,75	1,97	1,00	0,39	4,00	1,89	1,00	0,40	2,71	1,65	1,00	0,44
20	4,96	3,06	2,00	1,00	4,90	3,04	1,99	1,00	4,52	2,93	1,95	1,00	3,40	2,48	1,79	1,00	2,08	1,77	1,48	1,00
50	4,87	4,02	3,33	2,57	4,75	3,93	3,24	2,32	4,00	3,44	2,44	2,94	2,18	2,50	2,08	1,76	1,52	1,48	1,42	1,33
100	4,75	4,32	3,93	3,27	4,52	4,15	3,80	3,46	3,40	3,20	3,00	2,54	1,93	1,88	1,84	1,74	1,28	1,27	1,26	1,23
200	4,52	4,34	4,14	3,80	4,16	3,96	3,80	3,55	2,72	2,68	2,58	2,49	1,52	1,51	1,50	1,48	1,15	1,14	1,14	1,14
∞	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
μ \ h(m)	= 0,5				0,5				0,5				0,5				0,5			
10	1,99	0,80	0,40	0,15	1,98	0,80	0,40	0,16	1,94	0,81	0,41	0,16	1,75	0,82	0,44	0,17	1,43	0,87	0,53	0,23
20	1,98	1,22	0,80	0,40	1,98	1,21	0,80	0,40	1,88	1,22	0,81	0,42	1,60	1,17	0,84	0,47	1,28	1,11	0,90	0,60
50	1,97	1,62	1,34	1,04	1,94	1,61	1,33	0,95	1,75	1,50	1,29	0,95	1,38	1,27	1,12	0,88	1,13	1,10	1,06	1,00
100	1,94	1,86	1,61	1,33	1,92	1,66	1,58	1,32	1,60	1,51	1,41	1,24	1,23	1,23	1,18	1,11	1,07	1,06	1,05	1,08
200	1,88	1,80	1,72	1,57	1,79	1,59	1,55	1,53	1,43	1,40	1,38	1,30	1,13	1,12	1,12	1,10	1,04	1,03	1,02	1,02
∞	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
μ \ h(m)	= 1,0				1,0				1,0				1,0				1,0			
10	1,00	0,40	0,20	0,08	1,00	0,40	0,20	0,08	1,00	0,42	0,21	0,08	1,00	0,47	0,25	0,10	1,00	0,67	0,37	0,16
20	1,00	0,62	0,40	0,20	1,00	0,62	0,40	0,20	1,00	0,65	0,43	0,22	1,00	0,72	0,53	0,29	1,00	0,85	0,71	0,48
50	1,00	0,82	0,68	0,48	1,00	0,83	0,68	0,49	1,00	0,86	0,73	0,54	1,00	0 93	0,85	0,70	1,00	0,97	0,93	0,87
100	1,00	0,91	0,83	0,69	1,00	0,92	0,84	0,70	1,00	0,94	0,88	0,78	1,00	0,98	0,95	0,90	1,00	1,00	0,99	0,97
200	1,00	0,96	0,92	0,84	1,00	0,96	0,92	0,85	1,00	0,98	0,96	0,92	1,00	0,99	0,99	0,97	1,00	1,00	1,00	0,99
∞	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Cazul $\mu > 1$ este interesant pentru a combina într'un baraj-rezervor mai multe folosinţe, deoarece cu cât creşte h, investiţia specifică scade. Mai ales, rezervarea unui spaţiu de siguranţă la partea superioară a barajului pentru atenuarea undelor de viitură este în acest caz mult mai avantajoasă, decât construcţia unui baraj special în acest scop.

2. In cazul $\mu \geqslant 1$ şi când adâncimile fundaţiilor sunt suficient de mici, β ia valori favorabile, apropiate de β_{lim}, chiar pentru înălţimi moderate de baraje. Dacă însă adâncimile fundaţiilor sunt mari, β devine mult mai favorabil la înălţimi mari de baraje.

3. In cazul $\mu < 1$ (sau *cf* — *de* < 0) există o valoare β_{max} (resp. ν_{max}) pentru o anumită valoare a lui h, aceasta din urmă cu atât mai mare cu cât adâncimea t este mai mare.

4. In cazul $\mu \leqq 1$, valoarea ν_{max}, este cu atât mai mare cu cât lărgimea redusă $\frac{B_0'}{m_0}$ este mai mare, cu cât μ este mai mic şi cu cât adâncimea fundaţiilor t este mai mare.

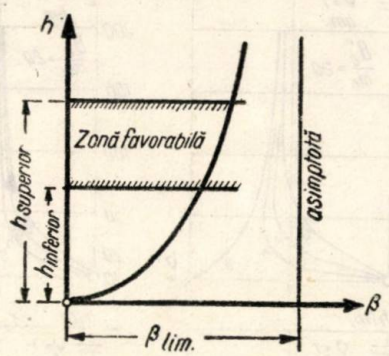


Fig. 5. Cazul *cf* — *de* $\geqslant 0$ sau $\mu \geqq 1$

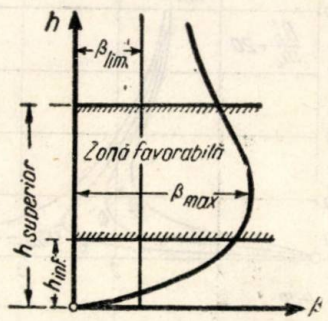


Fig. 6. Cazul *cf* — *de* < 0 sau $\mu < 1$

Se constată că acest maximum poate avea loc pentru înălţimi de baraje dela 20 la 150 m şi chiar în afara acestor limite, totul depinzând de jocul parametrilor consideraţi.

5. Dupăce β (sau ν) trece prin maximum, descreşte în general, încet, tinzând când h creşte, către valoarea β_{lim} asimptotic.

Raportul $\frac{\beta_{max}}{\beta_{lim}}$ este supraunitar şi cu atât

mai mare cu cât μ și t sunt mai mici, cu cât $\frac{B_0'}{m_0}$ este mai mare.

6. Zona cea mai favorabilă pentru baraj se va considera cuprinsă într'o zonă a lui h limitată în sus până unde investiția totală este încă favorabilă (nu unde $\beta = \beta_{max}$, cum în mod eronat se consideră de către unii proiectanți); iar în jos, limitarea depinde de condițiile tehnice de funcționare (care s'ar putea să ceară un volum mic de regularizare) sau de investiția specifică (în cazul că este prea mare).

7. Dacă μ este cuprins între 1 și 0,5, zona a vorabilă este foarte largă și trebue renunțat a căuta β_{max}, înălțimea barajului urmând a se alege pe alte considerații.

Ca o concluzie generală, căutarea înălțimii h pentru care coeficientul β este optimum nu este un criteriu unic și sigur pentru condiționarea unui baraj economic. Condițiile geologice, investiția specifică, investiția totală și influența acestora asupra ansamblului lucrărilor vor fi în cele din urmă factorii decisivi. Totuși, în faza preliminară a proiectărilor este util a se cerceta și variația lui β în funcție de h, pentru diferitele variante, spre a obține, fără mari eforturi de proiectare, amplasamentul cel mai bun și pentru o primă orientare în ce privește alegerea înălțimii barajului.

★

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЛЯ РАСЧЕТА ЭКОНОМИЧНЫХ ПЛОТИН

Резюме

Рассматривая в продолжение показатели напорных плотин, изучаются функциональные показатели W — объем клад и и $\beta = V/W$ — коэффициент качества, в зависимости от главных переменных параметров. Рассматриваются не-оторые объекты из Альп и Карпат и подбираются самые подходящие алгебраические функции для натуральных объектов встречающихся в особенности в Карпатах. В заключение указывается как влияют различные параметры на в: риацию W и β и как учитывать эти вариации при выборе наилучших расположения и высоты плотины.

EXEMPLE DE CALCUL ŞI INDICAŢII CONSTRUCTIVE PENTRU TURNURILE DE RĂCIRE

Prof. dr. ing. I. VLĂDEA

Se dau câteva exemple numerice de calcul pentru turnuri de răcire de capacităţi şi construcţii diferite. Articolul continuă cu indicaţii referitoare la acţiunea mediului ambiant asupra funcţionării turnurilor de răcire, exclusiv umiditatea aerului la intrare în turn, ce a fost tratată în cadrul articolului precedent. In încheiere se dau indicaţii constructive, precum şi modele de turnuri executate.

Intr'un articol precedent [1]), s'a examinat teoria turnurilor de răcire şi s'a dat calculul acestora, elaborat pe baza unor cercetări teoretice.

In acest articol, se dau câteva exemple numerice de calcul pentru turnuri de răcire de capacităţi şi construcţii diferite.

In exemplele tratate, se folosesc o serie de coeficienţi (k, ξ), a căror valoare este cunoscută numai din câteva cazuri speciale publicate în literatură, ceeace impune ca utilizarea acestora să fie făcută cu multă prudenţă. Pentru viitor, va fi necesar ca aceşti coeficienţi să fie determinaţi pe baza unor încercări experimentale pe turnuri de diferite tipuri în funcţiune, în condiţiunile climaterice specifice din ţara noastră.

Se vor da apoi indicaţii referitoare la acţiunea mediului ambiant asupra funcţionării turnurilor de răcire, însă nu în ceeace priveşte temperatura şi umiditatea aerului la intrarea în turn, deoarece aceasta a fost examinată în primul articol.

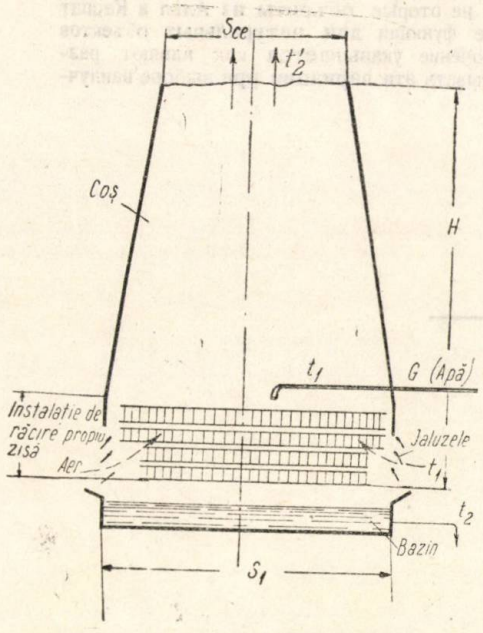


Fig. 1. Schema unui turn de răcire.

In partea a treia a acestui articol, vor fi date câteva indicaţii constructive, precum şi modele de turnuri executate, atât cât s'a putut găsi în literatură.

I. Exemple de calcul. 1. Pentru răcirea cu 15°C între $t_1 = 55$°C şi $t_2 = 40$°C, a apei de răcire necesară unui motor Diesel de 800 CP, să se proiecteze un turn de răcire cu stropire, care să efectueze această răcire, în cazul când aerul atmosferic are temperatura $t'_1 = 25$°C şi umiditatea relativă $\varphi_1 = 60\%$.

Căldura care trebue evacuată dintr'un motor Diesel prin apa de răcire, se apreciază în medie la circa 500 kcal/CPh, deci pentru puterea motorului nostru se vor evacua $Q = 400\,000$ kcal/h ceeace necesită în condiţiile problemei un debit de apă de răcire de 26,7 m³/h. Turnul de proiectat va avea deci dimensiuni reduse. El se va construi din lemn, cu baza patrată şi înălţimea de circa 14—16 m.

Temperatura de ieşire a aerului din turn este dată de formula (85) [2]) din articolul susamintit :

$$t'_2 = \frac{k(t_1 + t_2) + t'_1(2 - k)}{2 + k}.$$

Dacă în cazul nostru se alege $k = 1$ [3]) temperatura de ieşire a aerului din turn va fi

$$t'_2 = \frac{1{,}0\,(55 + 40) + 25\,(2 - 1)}{2 + 1} = 40°\text{C}.$$

Entalpia aerului la intrarea în turn va putea fi citită în diagrama $i - t$ (fig. 2 din articolul precedent) sau mai exact va fi calculată cu ajutorul formulei (37) unde $x = 0{,}02077$ kg/kg ;

$$i_1 = (1 - \varphi_1 x'_1)\,0{,}24\,t'_1 + x'_1\varphi_1\,(0{,}46\,t'_1 + 580) =$$
$$= (1 - 0{,}6 \cdot 0{,}02077)\;\; 0{,}24 \cdot 25 +$$
$$+\; 0{,}02077 \cdot 0{,}6\;\; (0{,}46 \cdot 25 + 580) = 13 \text{ kcal/kg},$$

iar la ieşire, dacă se admite $\varphi_2 = 95\%$, va fi

$$i_2 = (1 - 0{,}95 \cdot 0{,}0506)\;\; 0{,}24 \cdot 40 +$$
$$+ 0{,}95 \cdot 0{,}0506\;\; (0{,}46 \cdot 40 + 580) = 37{,}52 \text{ kcal/kg}.$$

Conţinutul în vapori de apă al aerului este :

$$x_1 = 0{,}02077 \cdot 0{,}6 = 0{,}01246 \text{ kg/kg şi}$$

$$x_2 = 0{,}0506 \cdot 0{,}95 = 0{,}4807 \text{ kg/kg}$$

$$x_m = 0{,}030265 \text{ kg/kg}.$$

Căldura specifică a aerului umed va fi :

$$c_{pm} = (1 - x_m)\,c_{pa} + x_m \cdot c_{pv} = (1 - 0{,}030265)\,0{,}24 +$$
$$0{,}030265 \cdot 0{,}46 = 0{,}2467 \text{ kcal/kg°C}.$$

---

[1]) I. Vlădea: *Teoria şi calculul turnurilor de răcire*, Energetica, nr. 5, 1953, pp. 11—31.

[2]) Dintr'o eroare de semn formula (85) a fost dată într'o formă diferită de cea prezentă, care este cea corectă.

[3]) V. tabela 1 din articolul precedent.

Debitul de aer necesar să treacă prin turn va fi calculat cu formula (86)

$$L = \frac{G\,\Delta t}{c_{pm}(t'_2 - t'_1) + r(x_2 - x_1)} =$$

$$= \frac{400\,000}{0{,}2467\,(40-25) + 580\,(0{,}04807 - 0{,}01246)} =$$

$$= 16\,610 \text{ kg/h}$$

Cantitatea de apă pierdută prin evaporare se calculează cu formula (87)

$$G' = L(x_2 - x_1) = 16\,610\,(0{,}04807 - 0{,}01246) =$$
$$= 591{,}5 \text{ kg/h},$$

deci

$$\frac{G'}{G} \cdot 100 = 591{,}5 \cdot 100/26700 = 2{,}22\,\%.$$

Coeficientul de aer este dat de formula (40)

$$\lambda = L/G = 16\,610/26\,700 = 0{,}622.$$

Se admite viteza de trecere a aerului prin turn $w = 1{,}0$ m/s. Greutatea specifică a aerului poate fi citită în diagrama $i - t$, sau poate fi calculată cu formula (50a)

$$\gamma = \frac{P'}{B}\gamma_s + 1{,}293 \cdot \frac{B - P'}{760} \cdot \frac{273}{273 + t'_1},$$

dedusă cu ajutorul formulei (1). Se admite că, turnul va fi construit la o altitudine, la care presiunea barometrică medie este $B = 745$ mm Hg. deci la intrare vom avea cu $P' = 23{,}76$ mm Hg [4])

$$\gamma_i = \frac{23{,}76 \cdot 0{,}6 \cdot 0{,}02275}{745} + 1{,}293 \cdot \frac{745 - 52{,}55}{760} \cdot \frac{273}{298} =$$
$$= 1{,}140 \text{ kg/m}^3,$$

iar la ieșire din turnul propriu zis partea unde aerul vine în contact cu apa

$$\gamma_e = \frac{55{,}32 \cdot 0{,}95 \cdot 0{,}0515}{745} + 1{,}293 \cdot \frac{745 - 52{,}55}{760} \cdot \frac{273}{313} =$$
$$= 1{,}034 \text{ kg/m}^3$$

deci

$$\gamma_m = (1{,}140 + 1{,}034)/2 = 1{,}087 \text{ kg/m}^3.$$

Coeficientul de contracție al turnului ε se calculează cu formula (74), în care se alege, pe baza unor calcule preliminare
$q = 2{,}8$ m/h, deci

$$\varepsilon = \frac{q \cdot \lambda}{3{,}6 \cdot c_m \gamma_m} = \frac{2{,}8 \cdot 0{,}622}{3{,}6 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}087} = 0{,}445.$$

Secțiunea necesară intrării aerului în turn va fi

$$S_i = \frac{L}{\gamma_i \cdot 3600\, c_m} = \frac{16\,610}{1{,}140 \cdot 3600 \cdot 1{,}0} = 4{,}05 \text{ m}^2.$$

Suprafața bazei turnului va fi deci

$$S_1 = S_i/\varepsilon = 4{,}05/0{,}445 = 9{,}1 \text{ m}^2 \backsim 10 \text{ m}^2,$$

deci densitatea reală a ploii va fi

$$q = 26{,}7/10 = 2{,}67 \text{ m/h},$$

[4]) Din Manualul Inginerului Hütte.

deci puțin mai mică decât cea admisă, ceeace nu modifică mult rezultatele.

Dacă se alege $\xi = 26$, atunci înălțimea turnului va fi, conform formulei (79)

$$H = 7{,}86 \cdot \frac{\xi}{\varepsilon^2 k_1} \cdot 10^{-3} = \frac{10^{-3} 26}{0{,}445^2 \cdot k_1} \cdot 7{,}86 =$$
$$= \frac{1{,}032}{k_1}.$$

Din formulele (80) și (77) se poate determina și valoarea lui k_1

$$k_1 = \frac{\gamma_1^2 - \gamma_2^2}{q^2 \cdot \lambda^2} = \frac{1{,}140^2 - 1{,}034^2}{2{,}67^2 \cdot 0{,}622^2} = \frac{1{,}2996 - 1{,}0692}{7{,}130 \cdot 0{,}3869} =$$
$$= 0{,}0834.$$

deci

$$H = 1{,}032/0{,}0834 = 12{,}4 \text{ m}.$$

Valoarea lui α se poate calcula cu ajutorul formulei (14c) sau se poate citi în diagrama redată în fig. 2. unde pentru $w = 1{,}0$ m/s se obține $\alpha = 12$ kcal/m².h.°C.

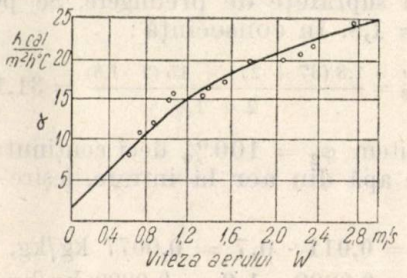


Fig. 2. Diagrama de calcul a valorii α

Suprafața de contact dintre apă și aer va fi calculată cu formula (88)

$$S = \frac{L \cdot \Delta i}{[k \cdot c_{pm}(t_m - t'_m) + (x_2 - x_1)\,r]\sigma} =$$
$$= \frac{16\,610 \cdot 24{,}52}{[0{,}2467\,(47{,}5 - 32{,}5) + 0{,}0356 \cdot 580]\,50} = 328 \text{ m}^2$$

deoarece

$$\sigma = \alpha/k \cdot c_{pm} = 12{,}0/0{,}2467 = 50{,}7 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}.$$

In consecință

$$k_2 = S/S_1 = 328/10 = 32{,}8.$$

Căldura evacuată din apă prin convecție va fi :

$$Q_{conv} = L \cdot c_{pm}(t'_2 - t'_1) = 16.610 \cdot 0{,}2467\,(40 - 25) = 61\,465{,}3 \text{ kcal/h}$$

ceeace reprezintă 15,38 % din totalul căldurii evacuate, restul de 84,62 % urmând a se evacua prin evaporare.

Suprafața S se poate descompune în : suprafața peliculei de apă aderentă la grătarul care produce stropirea S_g și suprafața picăturilor de apă S_p. O repartizare sigură între cele două suprafețe e foarte dificilă. După practica sovietică se poate lua $S_g/S_p = 1{,}7$—$2{,}0$ deci în cazul nostru suprafața grătarului va fi $S_g = 211{,}5$ m².

2. Să se calculeze dimensiunile principale ale unor turnuri de răcire necesare unei centrale termoelectrice cu abur cu condensație, având o putere instalată de 100 000 kW. Apa va fi răcită cu $\Delta t = 10°C$, în cazul când aerul are $t_1' = 15°C$ și $\varphi_1 = 70\%$, iar în timpul verii răcirea va putea fi ajutată, în caz de necesitate, cu tiraj artificial. Apa intră în turn cu $t_1 = 37°C$.

Centrala va necesita în plină sarcină circa 500 000 kg abur, care presupunem că se va putea destinde numai până la 0,1 ata. In acest caz $r = 572$ kcal/kg. Cele 500 t/h abur, care urmează a fi condensat, vor ceda apei de răcire 286.10^6 kcal/h. Apa de răcire se poate încălzi numai cu 10°C, deci debitul de apă care trebue să circule prin condensatoarele instalației (deoarece vor fi mai multe), va fi de 28 600 000 kg/h. Acest debit va putea fi răcit presupunem în 5 turnuri având fiecare un debit de 5720 m^3/h, iar sarcina termică a fiecărui turn va fi

$$Q = 57\,200\,000 \text{ kcal/h.}$$

Pentru astfel de turnuri de mare capacitate soluția indicată va fi construcția în beton armat cu suprafețe de prelingere. Se poate deci lua $k = 1{,}8$. In consecință :

$$t_2' = \frac{1{,}8\,(37+27) + 15\,(2-1{,}8)}{2+1{,}8} = 31{,}1°C.$$

Admitem $\varphi_2 = 100\%$ deci conținutul de vapori de apă din aer la intrare, ieșire și mediu va fi :

$$x_1 = 0{,}011 \cdot 0{,}7 = 0{,}0077 \text{ kg/kg}, \quad x_2 = 0{,}0299 \cdot 1{,}0 = 0{,}0299 \text{ kg/kg},$$
$$x_m = 0{,}0188 \text{ kg/kg.}$$

Căldura specifică medie va fi :

$$c_{pm} = (1 - 0{,}0188)\ 0{,}24 + 0{,}0188 \cdot 0{,}46 = 0{,}244 \text{ kcal/kg°C}$$

Debitul de aer necesar e :

$$L = \frac{57\,200\,000}{0{,}244\,(31{,}1-15) + 584{,}3\,(0{,}0299-0{,}077)} = 3\,380\,000 \text{ kg/h}$$

$$\lambda = L/G = 3\,380\,000/5\,720\,000 = 0{,}59.$$

Apa pierdută prin evaporare e :

$$G' = 3\,380\,000\ (0{,}0299-0{,}0077) = 75\,036 \text{ kg/h.}$$

sau

$G'/G = 75\,036/5\,720\,000 = 0{,}0131$, deci 1,31%.

Admitem viteza de trecere a aerului prin turn $w = 2{,}2$ m/s. Greutatea specifică a aerului la intrare este $\gamma_1 = 1{,}223$ kg/m^3 iar la ieșire $\gamma_2 = 1{,}16$ kg/m^3 calculate ca mai sus. Secțiunea de trecere a aerului prin turn va fi la intrare

$$S_t = \frac{3\,380\,000}{1{,}223 \cdot 3600 \cdot 2{,}2} = 339 \text{ m}^2.$$

Admitem inițial $q = 8{,}5$ m/h deci

$$\varepsilon = \frac{8{,}5 \cdot 0{,}59}{3{,}6 \cdot 2{,}2 \cdot 1{,}165} = 0{,}543.$$

Suprafața de bază a turnului va fi atunci

$$S_1 = 339/0{,}543 = 625 \text{ m}^2$$

și atunci

$$q = 5720/625 = 9{,}155 \text{ m/h,}$$

deci o valoare puțin mai mare decât cea admisă inițial. Adevărata valoare a lui q este : $q = 8{,}82$ m/h, în care caz $S_1 = 649$ m^2 și $\varepsilon = 0{,}585$.

Secțiunea liberă a coșului la ieșirea aerului va fi :

$$S_{ce} = 3\,380\,000/1{,}107 \cdot 3600 \cdot 2{,}2 = 386 \text{ m}^2.$$

Înălțimea coșului o alegem, după modele sovietice în raport cu suprafața de bază de 650 m^2, de 40 m, deci coeficientul de rezistență la trecerea aerului prin turn va fi

$$\xi = \frac{40 \cdot 0{,}585}{0{,}786} \cdot k_1 = 29{,}7\ k_1$$

și

$$k_1 = \frac{1{,}223^2 - 1{,}107^2}{8{,}82 \cdot 8{,}82 \cdot 8{,}82 \cdot 0{,}59 \cdot 0{,}59} = 0{,}00998.$$

deci

$$\xi = 29{,}7 \cdot 0{,}00998 = 0{,}2962$$

ceeace reprezintă o valoare acceptabilă pentru astfel de turnuri.

Valoarea lui α pentru viteza de 2,2 m/s se ia din fig. 2 și se citește $\alpha = 18{,}7$ kcal/m^2.h.°C. In consecință $\sigma = 42{,}6$ kg/m^2.h. Suprafața de prelingere va fi atunci :

$$S = 3\,380\,000/42{,}6 = 79\,300 \text{ m}^2.$$

Înălțimea teoretică de prelingere va fi de circa 12,5 m din care se va scădea însă circa 4,5 m pentru golul necesar la baza turnului pentru intrarea aerului și circa 2,5 m deasupra, ca înălțime necesară pentru repartiția uniformă a apei pe suprafața de prelingere. Rămâne deci ca înălțime utilă de prelingere $h = 5{,}5$ m.

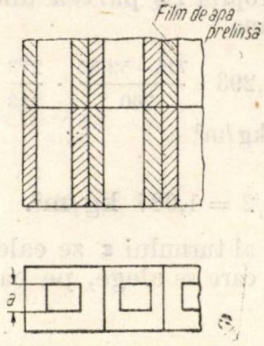


Fig. 3. Tub de ceramică

Dacă suprafața de prelingere e formată din n tuburi de ceramică cu secțiunea patrată având latura a, suprafața de prelingere S, se poate realiza în următoarele condiții (fig. 3) :

$$n \cdot a^2 = S_1 = 339 \text{ m}^2$$

$$4\ h \cdot n \cdot a = S = 79\,300 \text{ m}^2$$

de unde rezultă $a = 0{,}094$ m și $n = 38\,300$ tuburi. Grosimea peretelui unui tub de acest gen va fi de 0,017 m, deci suficientă pentru a asigura rezistența mecanică.

Dacă aerul exterior are vara $t_1' = 30°C$ și $\varphi_1 = 50\%$, atunci temperatura aerului la ieșirea

din turn va fi de data aceasta pentru $k = 1{,}2$ conform experienţelor cuprinse în tabela 1 din articolul anterior,

$$t_2' = \frac{1{,}2\,(37 + 27) + 30\,(2 - 1{,}2)}{2 + 1{,}2} = 31{,}5°\text{C}.$$

Se ştie că limita de vaporizare e dată de valoarea lui τ. In cazul de mai sus această valoare e $\tau = 22°\text{C}$, deci cu 5°C mai mică decât t_2. In conformitate cu practica turnurilor de răcire cu tiraj natural, între t_1 şi t_2' trebue să existe o diferenţă de circa 10°C, după indicaţiile practicei, pentruca tirajul natural să fie suficient pentru răcirea dorită. In cazul de faţă însă acest lucru nu există aşa că singura soluţie posibilă e numai tirajul artificial.

Conţinutul de vapori al aerului va fi, dacă se admite $\varphi_2 = 95\,\%$,

$$x_1 = 0{,}02814 \cdot 0{,}5 = 0{,}01407 \text{ kg/kg},$$
$$x_2 = 0{,}03079 \cdot 0{,}95 = 0{,}02925 \text{ kg/kg},$$

deci

$$x_m = 0{,}02166 \text{ kg/kg},$$

iar căldura specifică medie va fi:

$c_{pm} = (1 - 0{,}02166)\,0{,}24 + 0{,}02166 \cdot 0{,}46 =$ $= 0{,}24477$ kcal/kg.°C. Debitul de aer necesar acum va fi:

$$L = \frac{57\,200\,000}{0{,}24477\,(31{,}5 - 30) + 579{,}8\,(0{,}02925 - 0{,}01407)} =$$

$= 6\,240\,000$ kg/h. Viteza aerului prin turn va fi la intrare:

$$w_i = \frac{6\,240\,000}{339 \cdot 3600 \cdot 1{,}152} = 4{,}425 \text{ m/s}.$$

Debitul de aer a crescut faţă de cel precedent cu 84,5 %. Pentru a activa acest debit prin turn cu viteza indicată, va fi necesară o instalaţie de ventilatoare cu un debit de 1730 kg/s şi cu o sarcină piezometrică de 20 kg/m². Puterea necesară acestei instalaţii de ventilatoare va fi:

$$N = \frac{1730 \cdot 20}{1{,}1485 \cdot 75} = 400 \text{ CP}.$$

3. Pentru o fabrică de ghiaţă artificială e necesar un turn de răcire cu tiraj artificial, care să răcească 500 m³/h apă de 40°C până la temperatura de 25°C. Aerul aspirat de ventilator are în zilele cele mai călduroase: $t_1' = 33°\text{C}$ şi $\varphi_1 = 45\,\%$. Căldura de eliminat este:

$$Q = 500\,000 \cdot 15 = 7\,500\,000 \text{ kcal/h}.$$

Temperatura aerului la ieşire, dacă se admite $k = 1{,}0$, va fi $t_2' = 33°\text{C}$. In consecinţă prin convecţie nu se va putea evacua căldură, deoarece t_m şi t_m' sunt egale între ele. Singura evacuare de căldură în acest turn se va produce numai prin evaporare. Conţinutul de vapori al aerului va creşte dela x_1 la x_2' deoarece în acest caz se poate admite că $\varphi_2 = 100\,\%$. Valoarea lui r se va lua pentru 32,5°C şi va fi $r = 579$ kcal/kg deci:

$$x_1 = 0{,}03364 \cdot 0{,}45 = 0{,}01514 \text{ kg/kg},$$
$$x_2' = 0{,}03364 \text{ kg/kg},$$
$$x_m = 0{,}02439 \text{ kg/kg},$$

iar căldura specifică medie:

$c_{pm} = 0{,}97561 \cdot 0{,}24 + 0{,}02439 \cdot 0{,}46 =$ $= 0{,}2454$ kcal/kg, °C. Debitul de aer va fi:

$$L = \frac{7\,500\,000}{579\,(0{,}03364 - 0{,}01514)} = 700\,000 \text{ kg/h}$$

deci

$$\lambda = 700\,000/500\,000 = 1{,}4.$$

Greutatea specifică a aerului umed va fi la intrare:

$$\gamma_i = \frac{16{,}98}{760} \cdot 0{,}0348 +$$

$$+ \frac{760 - 16{,}98}{760} \cdot 1{,}293 \cdot \frac{273}{273 + 33} = 1{,}1308 \text{ kg/m}^3$$

iar la ieşire

$$\gamma_e = \frac{37{,}73}{760} \cdot 0{,}0348 +$$

$$+ \frac{760 - 37{,}73}{760} \cdot 1{,}293 \cdot \frac{273}{273 + 33} = 1{,}0997 \text{ kg/m}^3,$$

deci

$$\gamma_m = (1{,}1308 + 1{,}0997)/2 = 1{,}11525 \text{ kg/m}^3.$$

Viteza de trecere a aerului prin turn se admite de 2,8 m/s, deci determină din diagramă $\alpha = 24{,}8$ kcal/m² · h · °C. In consecinţă $\sigma = 101$ kg/m² · h.

Suprafaţa de contact dintre aer şi apă va fi:

$$S = \frac{700\,000}{101 \cdot 579 \cdot 0{,}0185} = 6930 \text{ m}^2.$$

Secţiunea de intrare a aerului va fi

$$S_i = 700\,000/1{,}1308 \cdot 3600 \cdot 2{,}8 = 61{,}4 \text{ m}^2.$$

Admitem în prima aproximaţie $q = 5{,}1$ m/h iar cu această valoare se obţine:

$$\varepsilon = \frac{5{,}1 \cdot 1{,}4}{3{,}6 \cdot 2{,}8 \cdot 1{,}11525} = 0{,}635.$$

deci

$$S_1 = 61{,}4/0{,}635 = 96{,}7 \sim 100 \text{ m}^2$$

sau

$$q = 500/100 = 5{,}0 \text{ m/h},$$

deci aproape valoarea admisă.

$$k_1 = \frac{1{,}1308^2 - 1{,}0997^2}{5{,}17^2 \cdot 1{,}4^2} = 0{,}00324.$$

Dacă tirajul ar trebui realizat în mod natural, ar fi necesar un turn cu înălţimea de

$$H = \frac{0{,}786 \cdot 02600}{0{,}635 \cdot 0{,}00324} = 99{,}4 \text{ m}$$

deci o înălțime prohibitivă pentru astfel de construcții. Dacă se admite că, din totalul sarcinei produse de ventilator 90% se utilizează pentru acoperirea pierderilor prin turn și numai 10% pentru accelerarea masei de aer, atunci sarcina necesară va fi :

$$\Delta P = \frac{1{,}11525 \cdot 2{,}8^2}{0{,}1 \cdot 2 \cdot 9{,}81} = 4{,}45 \text{ kg/m}^2.$$

Puterea ventilatorului pentru acest scop va fi : $N = 4{,}45 \cdot 700\,000/3600 \cdot 1{,}11525 \cdot 75 \cdot 0{,}45 = 23{,}4$ CP unde 0,45 reprezintă randamentul ventilatorului.

II. **Influența mediului ambiant.** In afară de faptul că aerul, care trece prin turn e luat din mediul ambiant, acesta își mai face simțită prezența asupra turnului și printr'un schimb de căldură cu turnul prin exteriorul acestuia. Schimbul se face atât prin convecție, cât și prin radiație. Chiar dacă turnul e plasat într'un loc adăpostit de vânt, totuși convecția liberă se face simțită și în acest caz, iar prin aceasta turnul și în special coșul său poate pierde suficient de multă căldură ; existența vântului va majora aceste pierderi. Schimbul de căldură prin radiație e reciproc ; în zilele înourate sau iarna, turnul va radia căldură mediului ambiant, pe când în zilele însorite de vară, turnul va primi căldură dela soare, în special prin suprafețele dispuse normal pe direcția razelor.

Pentru a putea calcula acest schimb de căldură, e necesar să se cunoască în primul rând suprafața mantalei turnului și în special a coșului său unde schimbul de căldură cu exteriorul e cel mai activ, deoarece pe aici circulă aerul cu cea mai mare temperatură. Căldura, schimbată prin trecere între turn și aerul ambiant, va fi :

$$Q = k \cdot S_e \ (t'_m - t'_1)\, \tau \text{ kcal} \qquad (1)$$

unde S_e este suprafața mantalei turnului, t'_m — temperatura medie a aerului umed prin turn, t'_1 — temperatura mediului ambiant, τ — timpul considerat, iar k — coeficientul de trecere la căldură dat de formula

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\gamma}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot {}^\circ\text{C}. \qquad (2)$$

In formula (2) α_1 este coeficientul de convecție dintre aerul umed și pereții turnului, considerați în toate cazurile plani. Acest α_1 se poate lua în primă aproximație egal cu cel dat de curba din fig. 2, mai ales că nu există determinări experimentale în acest domeniu. Dacă $c_m < 5$ m/s, se mai poate aplica și formula :

$$\alpha_1 = 5 + 3{,}4\ c \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot {}^\circ\text{C}. \qquad (3)$$

In privința lui α_2 se pot utiliza formulele convecției libere, dacă în exteriorul turnului nu poate fi constatat un vânt mai sensibil, sau formula (3), dacă se simte prezența unui vânt cu $c_m < 5$ m/s. In cazul convecției libere se poate utiliza formula :

$$\alpha_2 = 0{,}64 \cdot c_a \cdot \sqrt[4]{p^2 (t_p - t'_1)} \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot {}^\circ\text{C} \qquad (4)$$

unde c_a este un coeficient, care pentru aer între 0 și 50°C are valoarea de circa 3,48, p — presiunea aerului în kg/cm², t_p — temperatura peretelui în contact cu aerul exterior. Pentru λ în cazul lemnului umed se poate lua $\lambda = 0{,}45$ kcal/m · h · °C, iar pentru beton $\lambda = 0{,}8$ kcal/m · h · °C.

Căldura schimbată de turn prin radiație se calculează cu formula :

$$Q = \varepsilon \cdot C_N \cdot S_e \cdot \left[\left(\frac{T'_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T'_m}{100} \right)^4 \right] \text{ kcal/h}, \qquad (5)$$

unde $\varepsilon = 0{,}85$ este coeficientul de radiație al lemnului umed, $C_N = 4{,}96$ e coeficientul de radiație al corpului absolut negru, T'_1 — temperatura absolută a aerului la intrarea în turn (temperatura mediului ambiant), iar T'_m — temperatura absolută medie a aerului umed. Semnul dintre T'_1 și T'_m depinde de valoarea absolută a celor două temperaturi ; el se alege astfel încât paranteza să fie totdeauna pozitivă. In cazul radiației solare, se va ține seama de faptul că, temperatura aerului ambiant e alta la umbră decât la soare. In cele mai călduroase zile de vară, la noi în țară se poate lua la soare $T'_1 \cong 327$°K, iar la umbră 307°K.

Schimbul de căldură cu exteriorul face ca, temperatura aerului umed la părăsirea coșului, să fie de obiceiu mai mică decât la ieșirea din instalația de răcire propriu zisă. Din acest motiv și tirajul real al coșului va fi mai scăzut. In timpul iernii, când acțiunea negativă a aerului ambiant se simte mai mult, o parte din apa antrenată de aer sub formă de vapori sau ceață se condensează în lungul coșului și se reîntoarce în bazin. Cu toată acțiunea negativă a mediului ambiant în timpul iernii, totuși nu există dificultăți de tiraj, deoarece diferența de temperatură dintre interiorul turnului și exterior e suficient de mare.

III. **Indicații constructive.** Deși până acum s'au construit multe turnuri de răcire, totuși problema construcției lor nu poate fi considertă ca fiind deplin rezolvată. Până în prezent s'au cristalizat trei grupe de turnuri de răcire, după cantitatea de căldură evacuată. In proiectarea curentă există rețete pentru proectarea turnurilor mari, mijlocii și mici. Cea mai dificilă problemă de rezolvat în construcția turnurilor de răcire e modul de introducere a aerului în turn, astfel încât să cuprindă cât mai repede întreaga secțiune orizontală a acestuia. In fig. 4 se vede o construcție mai veche, caracterizată mai ales prin zona moartă, în care aerul nu ajunge în contact cu apa decât după parcurgerea unui drum mai lung. Această construcție necesită o înălțime mare a zonei de răcire propriu zisă, deci a întregului turn, ceeace scumpește

foarte mult construcția. In fig. 5 se vede o construcție mult mai favorabilă din acest

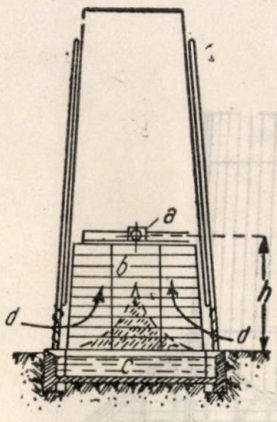


Fig. 4. Turn de răcire de construcție veche, cu zonă moartă de aer

a-jghiaburi de distribuție a apei; *b*-grătarul turnului; *c*-bazinul turnului: *d*-drumul aerului de răcire

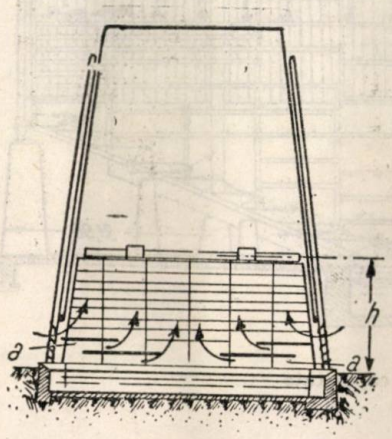


Fig. 5. Turn de răcire cu suprafețe de distribuția apei și conducerea aerului

Printre primele construcții de turnuri de răcire au fost cele cu *stropire de jos în sus* prin intermediul unor injectoare ca cel din fig. 6. Aceste injectoare aveau un diametru de ieșire de 5—15 mm, iar apa caldă trebuia să ajungă în acestea cu o presiune de 10—15 m col. apă. Necesitatea de energie a acestui sistem era suficient de ridicată, iar pierderile de apă prin antrenare erau suficient de importante.

Astăzi se preferă construcția cu *picurare de sus în jos* care mai are și avantajul că, necesită o suprafață de bază de 1,0—1,8 m² pentru 100 kg/h abur condensat în condensatorul, a cărui apă de răcire trece prin turn. In cazul tirajului artificial suprafața necesară se poate reduce până la 0,36—0,7 m² pentru 100 kg/h abur condensat. Stropirea apei în acest caz se produce prin căderea liberă a ei dela o anumită înălțime pe niște farfurii de porțelan și apoi prin împrăștierea ei pe niște construcții de felul celor din fig. 7. Aceste construcții sunt utilizate mai ales în cazul turnurilor de lemn. Lemnul permite executarea unor construcții ieftine, dar și relativ puțin durabile. Turnurile de lemn mai au și desavantajul că, pe suprafețele lor de picurare se desvoltă cu ușurință diverse plante acuatice, cari sunt apoi antrenate în circuitul de apă, murdărindu-l. Piesele metalice și în special cele de fier vor fi evitate, pe cât posibil, deoarece sunt supuse ruginirei. In fig. 8 se vede o construcție de turn de răcire pentru o mare centrală termoelectrică. Se observă că, intrarea aerului e astfel amenajată, încât spațiul mort să fie redus la minimum. Bazinul de colectare a apei răcite se află dispus la mijlocul turnului.

Apa caldă intră în turn prin niște jghiaburi cu marginile dințate, prin cari se realizează o bună distribuție a apei pe secțiunea turnului. Bazinul de colectare e construit astfel, încât permite cu ușurință și chiar dirijează

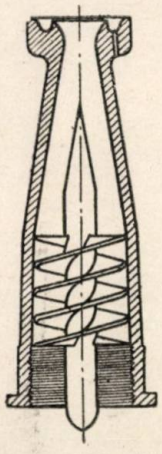


Fig. 6. Injector de apă pentru stropirea de jos în sus

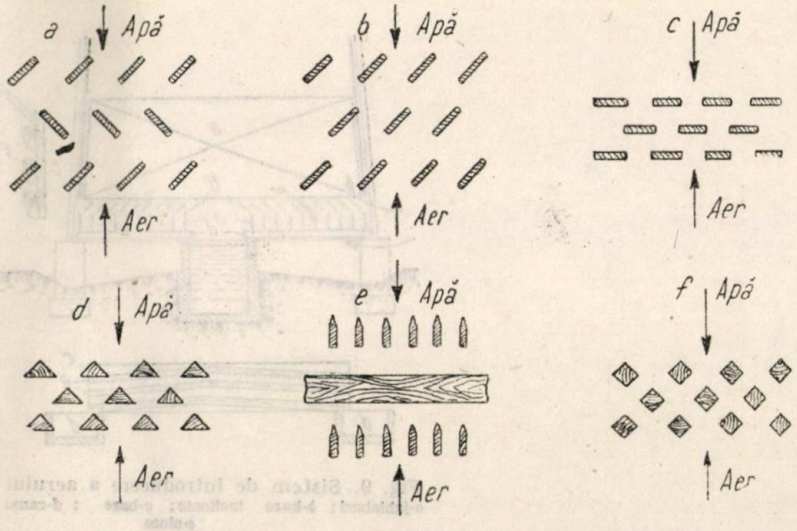


Fig. 7. Sisteme de grătare pentru distribuția apei și conducerea aerului

punct de vedere. Aerul e introdus în turn cu ajutorul unor suprafețe de ghidaj. putând ușor ajunge până la axa verticală a turnului.

intrarea aerului până la axa turnului.

In fig. 9 se vede un alt mod de a rezolva favorabil problema introducerii aerului în turn.

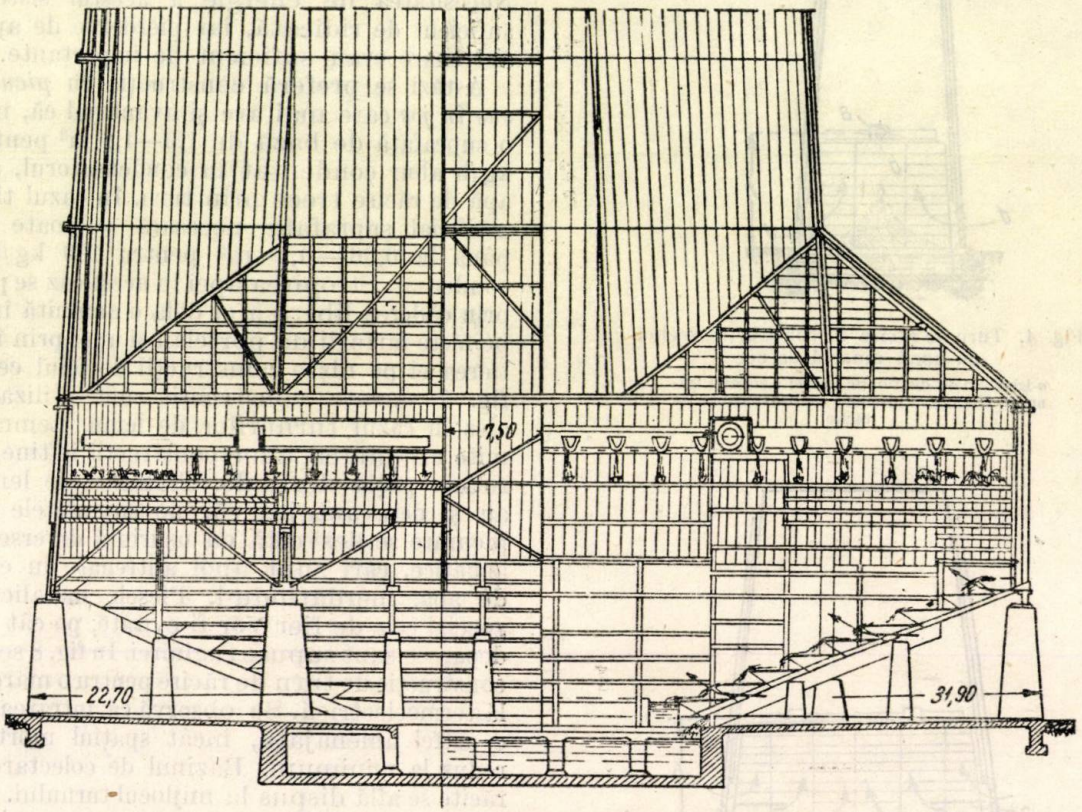


Fig. 8. Turn de răcire de mare capacitate

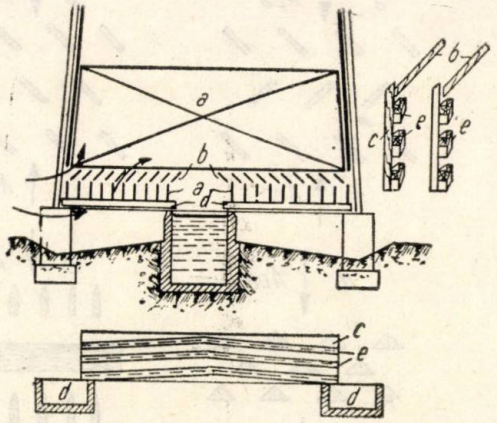


Fig. 9. Sistem de introducere a aerului în turn
a-jghiaburi; *b*-baze înclinate; *c*-baze ; *d*-canal colector; *e*-uluce

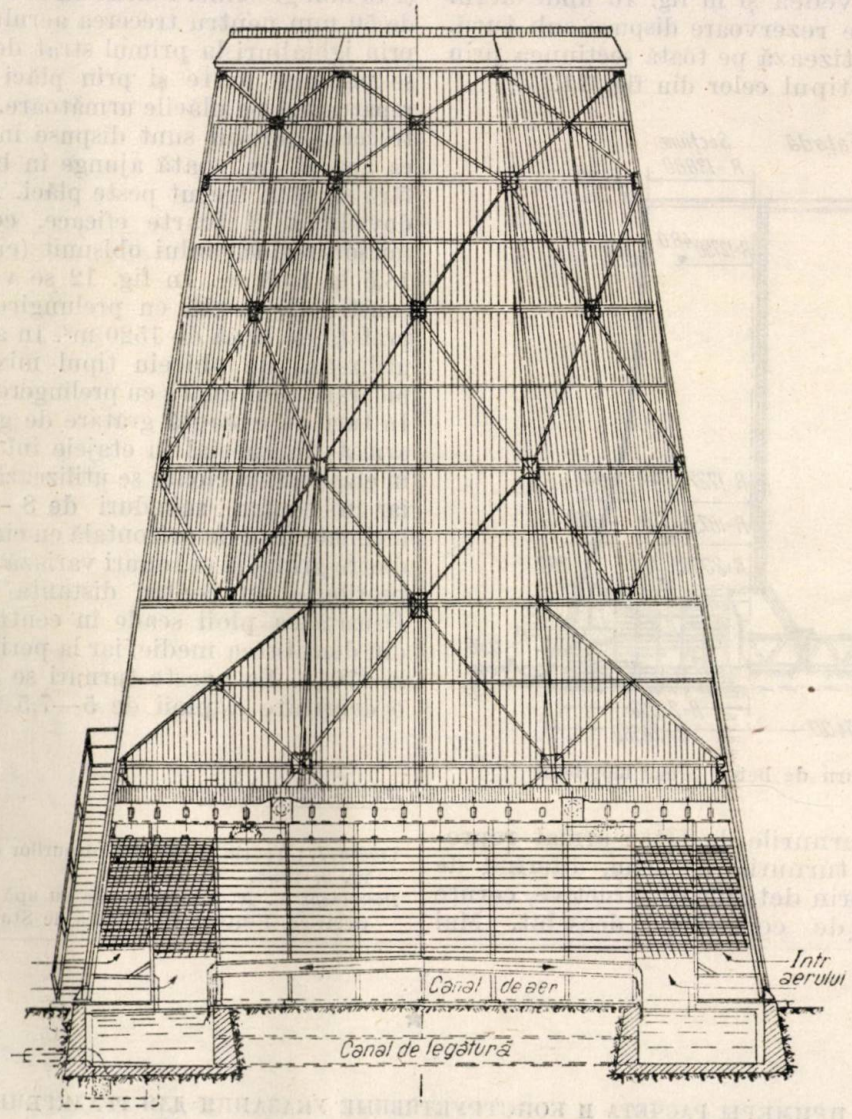


Fig. 10. Turn de răcire cu conducerea aerului prin rezervoare dispuse sub turn

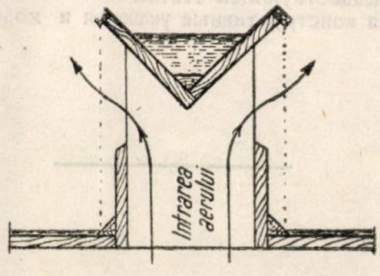


Fig. 11. Sisteme de conducere a aerului

Apa picură din niște jghiaburi *a* pe niște late înclinate *b* suprapuse. Aceste late conduc apa la niște uluce *e*, consolidate cu ajutorul latelor *c*. Apa se adună apoi în niște canale colectoare *d* și se scurge în bazinul colector. O soluție ingenioasă se poate vedea și în fig. 10 unde aerul se adună în niște rezervoare dispuse sub turn, de unde se repartizează pe toată secțiunea prin niște ajutaje de tipul celor din fig. 11.

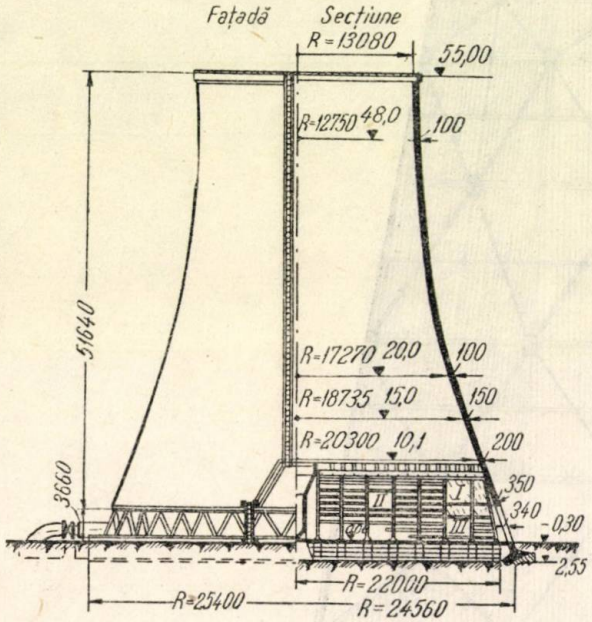


Fig. 12. Turn de beton armat hiperbolic

La început turnurile de beton armat reproduceau identic turnurile de lemn, diferind de acestea numai prin detaliile constructive, cerute de materialul de construcție deosebit. Mai târziu construcția acestor turnuri s'a dirijat tot mai mult spre tipul cu *prelingere*. Dispozitivul de răcire e împărțit în 3 × 7 = 21 zone, în cari sunt dispuse în patru straturi suprapuse plăci de beton poros de 1700 m lungime, 500 m lățime și 40 mm grosime. Plăcile au între ele un interval de 50 mm pentru trecerea aerului. Apa e adusă prin jghiaburi la primul strat de plăci, de unde se prelinge peste și prin plăci și picură bine repartizată pe plăcile următoare. Fantele pentru trecerea aerului sunt dispuse în eșichier, astfel ca apa să nu poată ajunge în bazinul colector, fără ca să fi trecut peste plăci. Acest sistem s'a dovedit a fi foarte eficace, ceeace a permis micșorarea turnului obișnuit (cu picurare) dela 18,5 la 13,5 m. In fig. 12 se vede un turn de construcție mixtă cu prelungire totală, cu suprafața de bază de 1520 m². In aceste turnuri se utilizează de obiceiu tipul mixt și anume cu picurare combinată cu prelingere (pânză de apă). In turn se execută grătare de grinzi (din beton armat) în special în etajele inferioare, pe când în etajele superioare se utilizează plăci înclinate, iar în centru scânduri de 8 — 12 cm lățime înclinate față de orizontală cu circa 60°. Distanța dintre grinzi și scânduri variază dela centru spre peeriferie, în centru distanța fiind mai mare. Densitatea ploii scade în centru până la 35% din densitatea medie, iar la periferie crește până la 170%. La aceste turnuri se alege de obiceiu o densitate a ploii de 5—7,5 m/h.

Bibliografie

Vlădea I. : Teoria și calculul turnurilor de răcire. Energetica, nr. 5, 1953.

Pocrovschi V. N. : Alimentarea cu apă a centralelor termoelectrice. Editura Energetică de Stat, 1953 (trad.).

★

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА И КОНСТРУКТИВНЫЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ГРАДИРЕНЬ

Резюме

Даются несколько численных примеров расчета градирень различных конструкций и емкостей. В продолжение даются указания относительно действия среды на работу градирень, исключая температуру и влажность воздуха при входе в градирню—вопросы которые были изложенны в предшествующей статье.

В заключение даются конструктивные указания и модели сооруженных градирень.

ROLUL GRANULAȚIEI PRAFULUI DE CĂRBUNE ÎN FUNCȚIONAREA CAZANELOR CU PRAF DE CĂRBUNE

Ing. G. HERCZ

Funcționarea focarelor de cărbune pulverizat depinde în cea mai mare măsură de granulația prafului de cărbune, atât din punctul de vedere al arderii propriu-zise cât și din acela al consumului de energie pentru măcinare. In prezenta lucrare se analizează caracteristicile teoretice ale structurii prafului de cărbune și legătura dintre caracteristici și procesul de ardere în focar. Pe baza acestor considerații teoretice, se trag concluzii practice în legătură cu finețea de măcinare optimă a diferiților cărbuni, se prezintă recomandări și se dau indicații cu privire la urmărirea funcționării instalațiilor de măcinare. Lucrarea atrage atenția asupra unei probleme energetice, care în cadrul realizării centralelor termoelectrice din planul de electrificare capătă o deosebită importanță și dă tehnicienilor indicații asupra drumului ce trebue urmat în această problemă. Invităm deci pe inginerii și tehnicienii din exploatare să ne comunice părerile și sugestiile lor și ținem coloanele revistei noastre la dispoziție în vederea examinării acestei probleme.

DIN PARTEA REDACȚIEI

In cazul când construcția focarului și starea arzătoarelor este satisfăcătoare, funcționarea economică și în bune condiții a focarului depinde în prima linie de calitatea prafului de cărbune (în al doilea rând de regimul de alimentare cu aer).

Pentru fiecare agregat sau grup de cazane de același tip, trebue să se mențină, pentru un combustibil dat o anumită finețe optimă de măcinare, în funcție de conținutul în substanțe volatile cuprinse în cărbune.

Nu putem deci să asigurăm exploatarea rațională a cazanelor cu praf de cărbune decât dacă cunoaștem și condițiile ce trebue să îndeplinească praful de cărbune și controlăm regulat îndeplinirea acestor condiții.

Constructorul cazanului indică deobicei toate datele necesare bunei reglări ale instalațiilor de măcinare.

In Uniunea Sovietică Ministerul Centralelor Electrice în „Normele de consum de energie electrică", dă pentru toți combustibilii din U.R.S.S. norme exacte pentru granulația fiecărui sort de combustibil (tabela 3).

Totuși se recomandă ca la probele de ardere cu combustibili noi (și în lipsa unor date precise și la cele cu combustibili cunoscuți), să se execute măsurători din care să se poată obține relațiile între randamentul cazanului, consumul de energie electrică pentru prepararea prafului de cărbune, funcționarea sigură și fără murdărire cu sgură a focarului și finețea de măcinare.

Tot așa de importantă este urmărirea regulată a fineței de măcinare în cursul exploatării.

Pentruca să putem îndeplini toate aceste condiții, trebue să cunoaștem câteva noțiuni teoretice asupra structurii pulberilor și în special al prafului de cărbune. Aceasta va forma obiectul primei părți a prezentei lucrări; apoi în partea doua vom încerca, pe baza cercetărilor din U.R.S.S. și din țările de democrație populară, aplicarea teoriei la practică și interpretarea rezultatelor încercărilor pentru exploatarea cazanelor.

In încheiere, vom indica pentru orientare, pe baza normelor sovietice, limitele de granulație la diferitele feluri de cărbune și vom descrie luarea probei de praf.

I. **Structura prafului de cărbune.** Definim noțiunea de praf prin mișcarea părticelelor în aer sub acțiunea forței de gravitate, numind praf acele părticele solide care lăsate libere în aer, după o scurtă cădere accelerată, se mișcă cu o viteză uniformă, mai mică ca 10 m/s. La greutatea specifică $\gamma = 3$, diametrul particulei sferice de praf ar fi de circa 1,3 mm.

Știm că comportarea particulelor de praf în medii viscoase este descrisă de formulele lui Newton și Stokes. Aplicarea lor depinde de valoarea cifrei Reynolds :

$$R = \frac{V \cdot x \cdot d_0}{\eta}$$

unde : V este viteza relativă a corpului;
x — diametrul sau dimensiunea principală a corpului;
d_0 — densitatea mediului;
η — viscozitatea mediului în kg s/m².

Viteza căderii V m/s se calculează, la formula lui Newton, pentru $800 < R < 200\,000$

$$V = 5{,}5 \frac{\gamma - \gamma_0}{\gamma_0} x$$

unde γ_0 este greutatea specifică a mediului; γ a prafului, iar x diametrul grăuntelui asimilat cu o sferă. Pentru $R < 0{,}6$ este valabilă formula lui Stokes :

$$V_s = X^2 \frac{\gamma - \gamma_0}{\eta}.$$

Particulele de praf sub 1 μ intră în domeniul mișcării browniene.

De exemplu, mișcarea particulei de 1,3 mm și cu $\gamma = 3$ este redată de formula lui Newton,

iar cea a unei particule de circa 50 μ de același γ, cade în domeniul formulei lui Stokes.

Examinarea prin microscop a părticelelor de praf ar fi posibilă, însă fiind anevoioasă, la analiza structurală a prafului de cărbune, la care ne interesează mai ales particulele peste mărimea de 60 μ, se utilizează metoda cernerei cu ajutorul sitelor cuprinse în STAS 1077-50 (pentru particulele sub această mărime se utilizează metoda sedimentării).

Tabela 1

Caracteristicile sitelor pentru cernerea prafului de cărbune conform STAS 1077-50 B-36

Numărul sitei conf. STAS	Numărul sitei conf. DIN	Nr. ochiurilor sitei	Lățimea ochiului în microni	Toleranță maximă	Diametrul sârmei în microni: Nominal	Diametrul sârmei în microni: Tranzitoriu	Observații
020	30	900	200		130	—	Pt. control curent al granulației
				30 %			
015	40	1600	150		100	90	
012	50	2500	120		80	—	
010	60	3600	100		66	—	
009	70	4900	90		55	—	Pt. control curent al granulației
				25 %			
0075	80	6400	75		50	—	
006	100	10000	60		40	—	

Descrierea structurii unui praf se poate face indicând procentajul de greutate a fracțiunilor de particule grupate după dimensiuni, de ex. 60—90 μ, 90—120 μ, 120—150 μ, 150—180 μ.

Insemnând greutatea fracțiunilor în general cu p_i și reducând intervalele la limite foarte apropiate obținem funcția :

$$\int_0^\infty p(x)dx = 1 \qquad (1)$$

pe care o putem transpune într'un sistem de coordonate cartesiene obținând curba p. Ultima condiție nu se poate satisface la măsurători practice. Se utilizează deci curba integrală

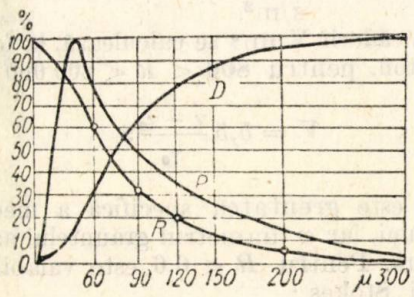


Fig. 1. Curbele granulometrice ale prafului de cărbune.

a acestuia, curba D, a particulelor trecute prin sită, sau și mai des curba oglindită a lui D, curba R a particulelor rămase pe sită (fig. 1).

Această curbă se obține așezând pe abscisă în ordine crescătoare diametrul particulelor de praf, considerate sferice (x), iar pe ordonată cantitatea rămasă pe sită (R).

Pe curba R se poate citi valoarea procentuală a restului pe sită, pentru fiecare mărime de grăunte sau ochi de sită și partea trecută prin sită (valoarea complimentară).

Ordonatele curbelor D sau R exprimă în procente raportul greutății particulelor cu dimensiuni mai mici, respectiv mai mari ca cele citite pe abscisă, la greutatea totală.

Din curba D sau P se poate obține prin diferențiere curba p

$$\frac{d\,D(x)}{d_x} = p(x) \qquad (2)$$

iar

$$R(x) = 1 - D(x). \qquad (3)$$

Pentru descrierea structurii îngrămădirii de praf putem utiliza metoda statisticei matematice, exprimând repartiția granulației prafului prin valoarea mediei statistice a curbelor $P(x)$, (primul moment diferențial) și a pătratului de împrăștiere (diferența între al doilea moment diferențial și pătratul mediei statistice).

Dat fiind faptul că activitatea chimică și fizică a prafului de cărbune este proporțională cu suprafața particulelor măcinate (la fel și energia consumată pentru producerea acestuia) este mai concludentă utilizarea *suprafeței specifice* pentru caracterizarea structurală a prafului, exprimată prin ecuația :

$$F(x) = \frac{6}{\gamma}\int_{x_0}^{x} \frac{p(x)}{x}\,dx \qquad (4)$$

unde F este suprafața specifică în cm²/g, iar γ greutatea specifică a prafului.

Există câteva metode de laborator pentru măsurarea suprafeței specifice, ca :

— metoda turbidimetrică, bazată pe principiul variației intensității luminei, trecută printr'o suspensie a prafului cercetat ;

— metoda permeabilității, la care se măsoară permeabilitatea unui strat de particule de praf, față de un gaz (aerul), sau un lichid (apa) ;

— metoda adsorpției, unde se măsoară adsorpția unui gaz de către particulele de praf.

Niciuna însă din aceste metode nu este destul de simplă și eficace pentru satisfacerea cerințelor din exploatare.

Dat fiind faptul că suprafața specifică este în funcție de mărimea părticelelor de praf și de repartizarea granulometrică a acestora, putem calcula pe baza acestor date suprafața specifică cu ajutorul unor formule pe care le vom arăta mai jos, sau putem să le găsim cu ajutorul unor nomograme simple.

In cele mai multe cazuri însă putem să tragem concluziile necesare exploatării, direct din curbele granulometrice D sau R, cu ajutorul ecuației empirice Rosin-Rammler-Bennett :

$$R(x) = e^{-\left(\frac{x}{x'}\right)^n} \qquad (5)$$

unde x este diametrul particulelor respective, asimilate cu corpuscule sferice, (diametrul se poate înlocui cu deschizătura ochiului sitei), iar R este restul de pe sită.

Exponentul de repartizare n arată finețea structurii prafului (concavitatea curbei granulometrice) și variază la praf de cărbune între limitele : 0,70—1,30 depinzând de sistemul de măcinare (moară+separator), respectiv de sortul de cărbune.

Modulul granulației x' se definește înlocuind în ecuație pe x cu x', atunci :

$$R_{(x)} = \frac{100}{e} = 36{,}8\% \qquad (6)$$

deci x' este acea valoare a diametrului granulelor de praf la care restul pe sită : $R = 36{,}8\%$.

Pentru fixarea constantelor n și x' al unui sistem dat n, este necesară măsurarea greutății restului pe două site cu ochiuri diferite.

Dacă pe sita cu ochiul x_1 rămâne restul R_1 și pe sita cu ochiul x_2 rămâne R_2 putem să scrim următoarele relații :

$$R_{1(x_1)} = e^{-\left(\frac{x_1}{x'}\right)^n} \qquad (7)$$

și

$$R_{2(x_2)} = e^{-\left(\frac{x_2}{x'}\right)^n} \qquad (8)$$

formând dublul logaritm al valorii reciproce al ambelor părți a ecuației (pentru eliminarea semnului negativ) obținem :

$$\log \frac{1}{R_{1(x_1)}} = \left(\frac{x_1}{x'}\right)^n \log e ;$$

apoi

$$\log \log \frac{1}{R_{1(x)}} = n \log x_1 - n \log x' + \log \log e \qquad (9)$$

la fel :

$$\log \log \frac{1}{R_{2(x)}} = n \log x_2 - n \log x' + \log \log e . \qquad (10)$$

Scădem ecuația doua din prima și obținem :

$$\log \log \frac{1}{R_2} - \log \log \frac{1}{R_1} = n \log (x_2 - x_1) \qquad (11)$$

de aici obținem valoarea exponentului de repartizare n,

$$n = \frac{\log \log \frac{1}{R_2} - \log \log \frac{1}{R_1}}{\log x_2 - \log x_1} . \qquad (12)$$

Pentru definirea modulului de granulație împărțim cele două ecuații :

$$\frac{R_{1(x_1)}}{R_{2(x_2)}} = \frac{e^{-\left(\frac{x_1}{x'}\right)^n}}{e^{-\left(\frac{x_2}{x'}\right)^n}} = \frac{e^{\left(\frac{x_2}{x'}\right)^n}}{e^{\left(\frac{x_1}{x'}\right)^n}} .$$

Logaritmând expresia obținem :

$$\log R_1 - \log R_2 = \left(\frac{x_2}{x'}\right)^n \log e - \left(\frac{x_1}{x'}\right)^n \log e =$$

$$= \left(\frac{1}{x'}\right)^n \log e \ (x_2^n - x_1^n)$$

de aici :

$$x' = \sqrt[n]{\log e \frac{x_2^n - x_1^n}{\log R_1 - \log R_2}} . \qquad (13)$$

Inlocuind acum valorile găsite ale constantelor n și x' în ecuația Rosin-Rammler-Bennett putem indica restul pentru fiecare sită numai pe baza a două probe de cernere.

Pentru acest scop se utilizează sitele STAS No. 009 și 020 (tabela 1).

Măsurătorile directe arată că repartizarea reală a diametrelor grăunților de praf în zona cea mai fină (sub 10μ) nu mai corespunde exact ecuației 5 (vezi linia punctată din diagrama 2). Nici valoarea suprafeței specifice $F(x)$, (cu care este proporțional cum știm la rândul lui necesarul de energie) calculată cu ajutorul ecuației 4, nu este reală decât dacă $n > 1$. Dacă $n \leqslant 1$., valoarea lui F poate deveni infinită.

Kolmogorov, cercetător sovietic al calculului de probabilitate, a adus o îmbunătățire importantă acestor ecuații, arătând într'un studiu publicat în 1941, că repartizarea diametrelor granulelor de praf produse prin măcinare este logaritmică, conform curbei de probabilitate lui Gauss, a cărei expresie analitică este următoarea :

$$G(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u^2}{2}} \qquad (14)$$

ori după teoria lui Kolmogorov $n(x)$ va primi forma din ecuația (14), punând în loc de n o valoare proporțională cu log (x). (Abscisa diagramei va avea o scară logaritmică).

Cu ajutorul acestei teorii găsim o valoare finită a lui F pentru fiecare n :

$$F = \frac{6}{\Upsilon} \int_0^\infty x^{-1} p(x)\, dx = \frac{6}{\Upsilon} \frac{1}{a \cdot e^{\frac{5b2}{2}}} \qquad (15)$$

unde a și b corespund constantelor x și n dela ecuațiile RRS.

Totuși trebue să constatăm (precum se vede și din diagramă), că lipsurile semnalate ale ecuațiilor Rosin-Rammler-Bennett, în domeniul care ne interesează la praful de cărbune, nu cauzează diferențe prea mari față de realitate, astfel nomogramele construite de acești autori și arătate în fig. 2 și 3, satisfac necesitățile practice.

Pentru întocmirea nomogramei scriem ecuația (9) sau (10) în felul următor :

$$\log \log \frac{1}{R(x)} = n \log x + C \qquad (16)$$

unde constanta $C = \log \log e - n \log x'$.

De aici reese că într'un sistem de coordonate carteziene, logaritmul dublu al valorii reciproce al restului, ca funcția logaritmului dia-

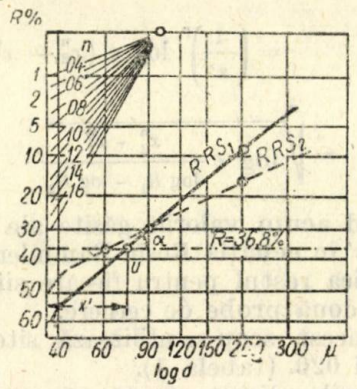


Fig. 2. Construirea dreptei RRS.

metrului particulelor de praf, descrie o linie dreaptă denumită dreapta *RRS*.

Inscriind în sistemul de coordonate din fig. 2 cele două puncte corespunzătoare restului la sita 020, cu ochiul de 200 μ respectiv sita 009, cu ochiul de 90 μ, găsim dreapta *RRS*.

Această dreaptă intersectează dreapta auxiliară trasată la înălțimea lui $R = 36{,}8\%$ într'un punct U, care proiectat pe abscisă indică valoarea lui x'.

Tangenta unghiului α închis între dreapta *RRS* și axa abscisei definește valoarea lui n. Astfel putem găsi fără calcule complicate constantele n și x' a sistemului.

O nomogramă și mai complectă este arătată în figura 3 după Rammler. Pe această nomo-

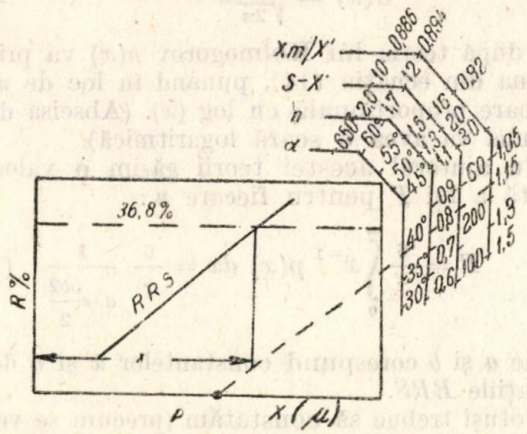


Fig. 3. Nomograma Rammler.

gramă se pot citi afară de x', direct pe scările respective, toate datele caracteristice care ne interesează la praful de cărbune și anume: unghiul α, valoarea lui n, valoarea produsului dintre suprafața specifică S și modulului x' și a raportului dintre diametrul mediu al granulelor x_m și modulul de granulație x'. Valoarea suprafeței specifice S și a granulației medii x_m se obține cu ajutorul lui x' după o simplă împărțire, respectiv înmulțire.

Construind după metoda cunoscută dreapta *RRS* cu ajutorul a două puncte, citim valoarea modulului x', apoi tragem prin polul P (fig. 3) o paralelă cu dreapta *RRS*. Această dreaptă intersectează scările diferite, pe care se pot citi valorile respective.

Pe baza celor de mai sus putem indica cum variază restul R_2 dela o sită cu ochiul x_2 dat, în funcție de restul R_1 dela o altă sită cu ochiul x_1.

Utilizând ecuația (11) putem scrie:

$$\log\log\frac{1}{R_2} = n(\log x_2 - \log x_1) + \log\log\frac{1}{R_1} \qquad (17)$$

unde în loc de $\log x_2 - \log x_1$ putem pune K și atunci obținem:

$$\log\log\frac{1}{R_2} = nK + \log\log\frac{1}{R_1} \qquad (18)$$

deci parametrul funcției $R_2 = f(R_1)$, este n.

Luând $x_2 = 200$ μ (sita 020) și $x_1 = 90$ μ (sita 009), înlocuim aceste valori în ecuația (17) și obținem:

$$\log\log\frac{1}{R_{020}} = 0{,}347\ n + \log\log\frac{1}{R_{009}}. \qquad (19)$$

Dacă lui R_{009} dăm valori diferite, putem găsi valorile corespunzătoare lui R_{020}; n variind între 0,7 și 1,3 (tabela 2).

Tabela 2

Variația lui R_{020} în funcție de R_{009} și n

$R_{009}\%$ $x_1 = 90\mu$	$R_{020}\%(x_2 = 200\mu)$				n		
	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
10	1,8	1,3	0,9	0,6	0,4	0,3	0,2
20	6,0	4,7	3,7	2,8	2,1	1,5	1,1
30	12,2	10,2	8,5	6,9	5,5	4,3	3,3
40	20,1	17,6	15,3	13,0	11,0	9,2	7,5
50	29,8	26,9	24,1	21,4	18,9	16,4	14,1
60	40,9	38,0	35,1	32,1	29,2	26,4	23,6
70	53,6	50,9	48,1	45,3	42,4	39,5	36,5

II. Concluzii termotehnice. Știm că finețea de măcinare trebue să fie reglată după conținutul în substanțe volatile a combustibilului. Natural că un cărbune brun sau un lignit bogat în materii volatile și de o putere de reacție mare, pentru o combustie bună n, are nevoe de o structură așa de fină ca o huilă săracă. Experiența practică arată că pentru reglajul bun al măcinării trebue ca restul în procente de pe sita 009 să corespundă aproximativ cu conținutul în substanțe volatile al combustibilului respectiv, exprimat tot în procente.

Restul pe sita 009 caracterizează puterea de aprindere și viteza de reacție a prafului de cărbune, căci la un rest fix pe sita 020, suprafața specifică S și cu aceasta și puterea de reacție a prafului de cărbune, crește cu atât mai mult cu cât scade R 009.

Ca orientare dăm în formă tabelară un extras din indicațiile regulamentului sovietic pentru

finețea de măcinare prescrisă la grupele principale de combustibil din Uniunea Sovietică (tabela 3).

Tabela 3

Restul pe sita 009 a diferitelor feluri de combustibil

Nr. de ordine	Grupul de combustibil	Conținutul în substanțe volatile în %	Rest pe sita 009 %	Trecut prin sita 009 %	Încărcarea termică specifică a focarului mil kcal/m³
1	Antracit (proveniență și putere calorifică diferită)	8	6—8	92—94	130
2	Huilă săracă Idem . .	8—20	8—12	88—92	160
3	Huilă grasă Idem . . .	peste 20	25	75	250
4	Cărbune brun lignit Idem	peste 20	25—30	75—70	250

Pentru cărbune brun (grupa 4) dăm în tabela 4 și resturile prescrise la sitele 012 și 020.

Tabela 4

R_{009}; R_{12} și R_{020} **la cărbune brun**

Nr. sitei STAS	Rest în %	Trecut prin sita %
009	28	72
012	21	79
020	8	92

Curbele granulometrice din fig. 1 au fost construite după aceste indicații.

Creșterea restului pe sită înseamnă creșterea procentajului particelelor cu diametrul mai mare în compoziția prafului de cărbune, așa că o parte din ele nu mai pot satisface ecuațiile arderii dinamice și pleacă prin coș, sau se depun pe pereții focarului cauzând fie creșterea pierderilor de combustibil, fie murdărirea focarului, fie amândouă.

O deficiență mai rară este măcinarea prea fină a prafului. In urma acestuia crește necesarul de energie electrică fără să obținem un rezultat mai bun, ba din contra scăzând viteza relativă a particelelor prea mici, acestea nu vin în contact cu o cantitate suficientă de aer și arderea rămâne incomplectă.

Analizând aceste cazuri, constatăm din tabela și figura 2 că la R_{009} constant, structura granulometrică a prafului, din punct de vedere al arderii perfecte se îmbunătățește proporțional cu creșterea lui n, fiindcă scade R_{020}, ceeace înseamnă că procentajul particulelor mai mari din praful de cărbune scade. Tot din fig. 2 reese însă că, cu cât se mărește n, respectiv cu cât e mai ascendentă dreapta RRS, la R_{009} constant, cu atât mai mult cresc resturile particulelor sub 90 μ, ceeace înseamnă că scade suprafața specifică a prafului (care depinde în mare măsură de particelele mici), cu toată scăderea resturilor peste 90 μ. Aceasta influențează puterea de aprindere a combustibilului, care este în funcție de suprafața specifică.

De aici reese că la cărbuni bruni sau alți combustibili bogați în substanțe volatile, la care aprinderea nu este grea, valoarea lui n trebue să fie cât mai aproape de maximul de 1,3. Prin aceasta reducem necesarul de energie și îmbunătățim structura prafului. La combustibilii săraci în substanțe volatile trebue să reglăm instalațiile în așa fel să obținem o suprafață specifică S și o finețe de măcinare cât mai mare. Nici în acest caz nu trebue să ajungem la n mai mic de 0,7 căci la valorile mai mici ale lui n, combustiunea necorespunzătoare a particelelor de praf mai mari împreună cu necesarul de energie mărit, cauzează pierderi mai mari ca îmbunătățirea randamentului obținut printr'o aprindere mai bună. Din această cauză pentru combustibilii săraci se alege o valoare medie a lui n în jurul lui 1.

Tendința de a reduce necesarul de energie, apoi proasta întreținere a morilor și dereglarea separatorilor cauzează la majoritatea cazanelor noastre cu praf de cărbune o stricare a fineței de măcinare, care chiar în cazul cărbunilor bogați în substanțe volatile este în detrimentul randamentului.

Știm că asupra pierderilor de combustiune are influență restul de pe sita 020. Vom arăta acum că o mică creștere a restului la sita 009, sau o mică scădere a lui n, face să crească mult restul pe sita 020.

De exemplu, dacă valoarea restului pe sita 009 crește dela $R_{009} = 20\%$ la $R_{009} = 40\%$ lângă $n = 1$ constant, atunci conform tabelei 4, R_{020} crește dela 2,8% la 13%. Creșterea lui R_{020} este și mai mare dacă concomitent scade valoarea lui n la $n = 0{,}70$ valoarea lui $R_{020} = 20{,}1\%$. Dacă facem ca n în loc să scadă, să crească concomitent cu R_{009}, atunci creșterea lui R_{020} devine mult mai puțin sensibilă și anume: dacă n crește dela valoarea $n = 1$ la $n = 1{,}3$ atunci restul pe sita 020 nu crește decât la valoarea $R_{020} = 7{,}5\%$ cu toate că R_{009} a crescut dela 20% la 40%.

Am văzut ce influență nefastă are stricarea fineței de măcinare asupra randamentului, cât și asupra siguranței de funcționare a cazanului. Printr'o bună reglare a instalațiilor de măcinare și un control granulometric regulat, afară de reducerea consumului specific de combustibil se pot elimina sau cel puțin atenua, o serie de deficiențe a exploatării, începând cu strangularea la abur, până la înfundarea cazanelor cu sgură.

Trebue deci ca în interesul unei exploatări mai bune și mai economice a cazanelor funcționând cu praf de cărbune, să se dea o importanță mai mare controlului fineței de măcinare, cu atât mai mult că probele se pot executa fără aparate speciale de laborator, cu mijloacele cele mai simple, precum reese din îndrumările de mai jos.

Din seria de site arătate în tabela 1 (conform STAS 1077-50) exploatarea n'are nevoe decât de 2 site: sita nr. 009 și nr. 020, cel mult încă sita nr. 012. Probele se iau conform instrucțiunilor sovietice și conform „Prescripțiilor de

exploatare tehnică" MEE apărute recent (§ 189) cel puțin de două ori pe schimb, — la instalațiile de măcinat centrale cu siloz intermediar din scurgerea ciclonului, iar la morile individuale, din conducta de praf după ventilatorul morii, conform schemei arătate în figura 4.

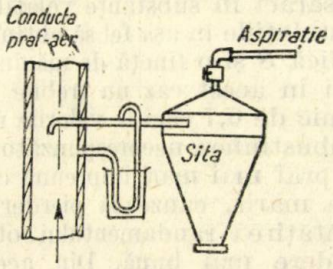


Fig. 4. Schema colectării prafului de cărbune.

In conducta de praf se introduce o țeavă de oțel cu un diametru de 10—20 mm cu capătul îndoit contrar direcției curentului. Această țeavă se montează în conducta de refulare, iar capătul ei exterior se racordează la ciclonul pentru luarea probelor de praf. Ciclonul la rândul lui trebue racordat la conducta de aspirație a exhaustorului. Praful de cărbune nefiind uniform repartizat pe toată secțiunea conductei, aceasta trebue împărțită în mai multe zone de colectare stabilind valoarea medie a fineței de măcinare pe secțiuni.

Pentru urmărirea fineței de măcinare se recomandă și luarea probelor de particule de cărbune antrenate de curentul de gaze arse. Această probă se ia tot după schema din fig. 4, astfel ca ciclonul să poată fi racordat la un punct cu o depresiune mai mare decât acea din punctul de luare a probei.

*

Acestea ar fi în linii mari rezultatele celor mai noi cercetări din Uniunea Sovietică și țările de democrație populară, privitor la influența structurei prafului de cărbune asupra funcționării cazanelor.

Cu toate că din lipsă de loc nu ne-am putut ocupa mai pe larg de variația indicilor de consum de energie electrică, în funcție de finețea de măcinare, — totuși pe baza indicațiilor cuprinse în acest studiu și cu ajutorul bogatei literaturi de specialitate sovietică indicată în anexă, se poate obține o îmbunătățire a exploatării cazanelor cu praf de cărbune acordând importanța cuvenită reglajului corect al instalațiilor de măcinare.

Bibliografie

(1) *Kolmogorov A. N.*: Dokladji A. N. U.S.S.R., 1941.
(2) *Levenszon L. B.* și *Cigelnij P. M.*: Drobiljno szortireovocnije mașini, Moscova, 1952.
(3) *Lebedev N. A.*: Půleprigotovlenie na elektrosztancija, Moscova, 1949.
(4) *Rammler E.*: Zur Frage der Gevährleistund des Mahlfeinheit bei Kohlenstaubmuhlen, Energietehnik, 1952, nr. 8, pag. 232.
(5) *Rammler E.* și *Glockner E.*: Neuerungen in der Auswertung von Kőrnungsanalisen im Kőrnungsnetz nach Rosin-Rammler -Bennett. Die Technic, 1952, nr. 9, pag. 555.
(6) *Koncz I.*: A portechnika időszerű feladatai Magyar Energiagazdaság, 1950, pag. 169.
(7) *Sőoke Gy.*: Szenaprito malmok orlemenyenek szemcseeloszlasa es az abbol levonhato kovetzektetesek, Magyar Energiagazdaság, 1953, nr. 8, pag. 231.
(8) *Beke Bela*: A portechnica néhány elméleti kérdéseről, Magyar Energiagazdaság, nr. 9, pag. 259.
(9) *Renyi A.*: Az apritás matematikai elméletéről, Épitőanyag, 1950, pag. 177.
(10) *Grofosik I.* și *Vago R.*: Örlemények fajlagos felületének meghatározása, Épitőanyag, 1950, pag. 208.
(11) *Gorșcov A. S.*: Indicii tehnico-economici ai centralelor termoelectrice, Traducere din limba rusă. Editura Energetică de Stat, București, 1953.
(12) *Șorin S. N.*: Instalații de cazane, Traducere din limba rusă, Editura Energetică de Stat, București, 1953.

★

РОЛЬ ГРАНУЛЯЦИИ УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ ПРИ РАБОТЕ КОТЛОВ НА УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ

Резюме

Работа пылеугольных топок зависит в наибольшей степени от грануляции угольной пыли, как с точки зрения самого горения так и энергопотребления на помол.

В настоящей статье производится анализ теоретических характеристик структуры угольной пыли и связь между этими характеристиками и процессом горения в топке. На основании этих теоретических рассуждений, выводятся практические заключения в связи с оптимальной тонкостью помола различных углей, даются рекомендации и указания по наблюдению за мельничными установками.

Статья обращает внимание на энергетический вопрос, который в рамках сооружения ТЭС по плану электрификации является особенно важным и дает указания о пути по которому нужно следовать при решении этого вопроса.

Приглашаем ИТР эксплоатационьщиков сообщить свое мнение и свои предложения и предоставляем страницы нашего журнала для разработки этого вопроса.

UTILIZAREA VINIPLASTULUI LA INSTALAȚIILE DE EPURARE CHIMICĂ A APEI DIN CENTRALELE TERMOELECTRICE

Ing. NISTOR MIHAI

Articolul „Utilizarea viniplastului la instalațiile de epurare chimică a apei din centralele termoelectrice" prezintă interes practic pentru șantierele de montaj și pentru exploatarea termocentralelor. Aportul pozitiv al acestui articol constă, pe de o parte în strângerea datelor documentare asupra proprietăților viniplastului și, pe de alta, în indicațiile practice pentru executarea sudurii.

DIN PARTEA REDACȚIEI

La centralele termoelectrice, unde în procesul de epurare chimică a apei s'a prevăzut coagularea cu sulfat de aluminiu, a apărut în mod firesc problema prelucrării conductelor de viniplast, material rezistent la acțiunea corosivă a sulfatului de aluminiu. Această problemă a rămas nerezolvată până în ultimul timp și din această cauză conductele de viniplast livrate n'au fost utilizate și s'au înlocuit cu conducte de oțel.

Greutăți asemănătoare s'au ivit și în alte ramuri ale economiei naționale, unde în proiect a fost adoptată utilizarea viniplastului ca material anticoroziv.

Adesea, viniplastul a fost înlocuit în ultima instanță cu materiale mult mai scumpe, rămânând astfel neutilizat. Din aceste motive, rezolvarea problemei prelucrării viniplastului în țara noastră este la timp venită.

I. **Coagularea apei de adaos în instalațiile de epurare chimică din centralele electrice.** In tehnologia epurării chimice a apei de adaos pentru cazanele din centralele electrice, coagularea are drept scop îndepărtarea corpurilor disperse coloidal și a corpurilor în suspensie, de origine organică și anorganică, care îngreunează reducerea durității apei, înfundă masele cationice și pătrunzând în cazan, contribue la spumegarea apei de cazan.

Prin coagulare se realizează și o reducere a a conținutului de siliciu din apa de adaos. Acest lucru prezintă importanță în special pentru cazanele de înaltă presiune unde are loc antrenarea selectivă a sărurilor de siliciu.

II. **Acțiunea corozivă a coagulatului.** Pentru coagulare se folosește în special sulfat de aluminiu. Intr-o soluție apoasă de sulfat de aluminiu are loc hidroliza :

$$Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O \rightarrow 3\ H_2SO_4 + 2Al(OH)_2$$

In ceea ce privește comportarea fierului față de acidul sulfuric se știe că acesta este practic stabil în soluții concentrate de acid sulfuric, în timp ce soluțiile diluate de acid sulfuric corodează intens fierul. Din această cauză nu apare rațională folosirea țevilor și aparatelor din oțel carbon obișnuit pentru soluția de sulfat de aluminiu. In funcție de grosimea peretelui țevilor și aparatelor și de viteza medie de coroziune, după un timp oarecare, instalația trebuie refăcută în cazul utilizării oțelului carbon. De aceea este necesar ca toate conductele și rezervoarele de soluție de coagulat să se confecționeze din materiale rezistente la acizi sau să se vopsească interior cu lacuri rezistente la acizi.

La instalațiile moderne de coagulare, se obișnuiește ca toate conductele și armăturile să se confecționeze din materiale rezistente la acizi, vasul de dizolvare se căptușește cu un material rezistent la acizi, iar rezervorul de consum se face din lemn (aici soluția se diluează până la concentrația necesară (circa 6%), la care lemnul rezistă destul de bine).

III. **Proprietățile viniplastului și posibilitățile de utilizare a acestuia.** Unul din materialele cele mai folosite în U.R.S.S. pentru prepararea și transportul soluției de coagulant la instalațiile de epurare chimică din centralele electrice este viniplastul.

Viniplastul este produsul plastificării termice a rășinii policlorvinilice, la care se adaugă stabilizatori și plastifianți. Ca stabilizatori se utilizează săruri de sodiu, calciu și plumb (carbonați de sodiu, fosfat disodic, stearat de calciu, stearat de plumb), ca plastifianți se utilizează stearină și ulei de transformator.

Stearații de calciu și de plumb sunt în același timp și plastifianți.

1. **Proprietățile chimice ale viniplastului.** Viniplastul este rezistent atât la acizi cât și la baze. Excepție fac doar oxidanții puternici (cum ar fi acidul azotic concentrat — peste 40%) care atacă viniplastul.

Acțiunea mediului agresiv asupra viniplastului se manifestă în primul rând prin difuzia în el a lichidului sau a gazelor, ceea ce duce la umflarea și mărirea greutății lui specifice și la schimbarea culorii acestuia (din roșu vișiniu se transformă în galben deschis).

Umflătura produsă se mărește treptat atingând valoarea maximă în timp de 1...1,5 luni. Odată cu creșterea temperaturii mediului înconjurător, viteza difuziei crește, iar rezistența chimică scade.

Condiția esențială care determină dacă viniplastul este rezistent la acțiunea unui agent oarecare este ca umflarea maximă sub acțiunea agentului respectiv să nu depășească 1%.

După caracterul acțiunilor asupra viniplastului, mediile agresive se pot împărți în trei categorii :

a) apa și soluțiile apoase ;

b) materiile organice care provoacă umflarea și dizolvarea viniplastului (benzolul, de exemplu).

c) materiile (relativ rar întâlnite) în prezența cărora are loc transformarea chimică a viriplastulnl.

Rezistența chimică a viniplastului față de diferite substanțe în diverse concentrații și la diferite temperaturi este arătată în tabela de mai jos :

Tabela 1

Denumirea substanței	Concentrația %	Temperatura maximă °C
Acid sulfuric	sub 40	40
Acid sulfuric	40—80	60
Acid sulfuros	sub 50	50
Acid azotic	sub 40	40
Acid clorhidric	sub 30	40
Acid clorhidric	sub 37	60
Acid acetic	60—70	60
Acid fosforic	sub 30	40
Acid fosforic	30—80	60
Acid fluorhidric	sub 40	20
Acid arsenic	sub 80	40
Acid fluosilicilic	sub 32	60
Acizi grași	100	60
Baze puternice	sub 40	40
Baze puternice	50—60	60
Hidroxid de amoniu	25	50
Soluțiile sărurilor acizilor sulfuric și clorhidric	diluate	40
Soluțiile sărurilor acizilor sulfuric și clorhidric	saturate la rece	60
Soluție saturată de hidrogen sulfurat	saturată	40
Soluție saturată de bioxid de carbon	saturată	40
Clor umed	50—60 gr/m²	20
Apă oxigenată	sub 20	50
Alcool etilic	—	40
Alcool metilic	100	40
Uleiuri vegetale și minerale	—	60
Benzol, xilol, toluol	—	se dizolvă
Hidrocarburi clorurate (clor-benzol clor-benzol, etc.	—	se dizolvă

2. **Proprietăți fizico-mecanice** :		Observ.
Greutate specifică kg/cm³	1,38—1,4	—
Rezistență la rupere :		
la întindere kg/cm²	400—600	—
la compresiune kg/cm²	800—1600	—
Alungirea relativă la întindere %	10—50	Depinde de durata sarcinii
Modul de elasticitate kg/cm²	40.000	—
Duritatea (după (Brünell) kg/mm²	15—16	
Rezilienta kg cm/cm²		150
Coeficient de utilizare termică lineară	0,00007	
Rezistența la temperatura °C	+ 65°	—
Capacitatea termică specifică cal/°C	0,32—0,51	—
Coeficient de absorbție a apei în timp de 24 ore 20°C g/dm²	0,016—0,078	—

Din datele de mai sus reiese că :

A) După indicii de rezistență mecanică și în special la reziliență, viniplastul este superior altor materiale plastice (textolit, ghetinax, etc.) și deci poate fi folosit ca material de construcție independent.

B) Are o rezistență scăzută la temperatura (65°C) și mare coeficient de dilatare termică lineară (de 6 ori mai mare ca la oțel) acestea fiind marile neajunsuri ale viniplastului.

Viniplastul se poate găsi în trei stări diferite, bine determinate : (fig. 1) *a*) sticloasă ; *b*) de de înaltă elasticitate ; *c*) lichidă.

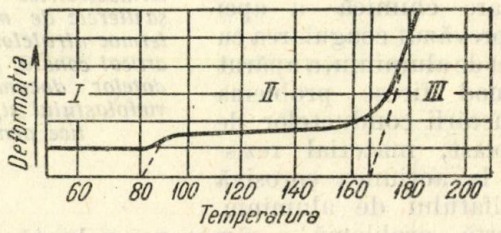


Fig. 1

Corespunzător acestor stări, viniplastul posedă trei forme de deformații :

a) elastice (I) (simultan reversibile) ;

b) de înaltă elasticitate (II), (reversibile în timp) ;

c) plastice (III) nelimitate (ireversibile în timp).

Gradul de mărime a ultimelor două stări depinde în mare măsură de timp și temperatură.

Viniplastul nu poate fi folosit ca material de construcție în regiunea deformațiilor permanente (mai sus de 170°...180°C).

3. **Proprietăți dielectrice.** Viniplastul este un foarte bun dielectric. Astfel :

Rezistența electrică specifică de volum . . . .ohmi/cm 10^{15}
Rezistența electrică specifică de suprafață . . .ohmi/10^{14}
Constantă dielectrică . .$\varepsilon = 3{,}2—4$
Unghiul de pierderi . . $tg\alpha = 0{,}01 \div 0{,}05$
Tensiunea de străpungere kV/mm = 15÷40

Proprietățile dielectrice rămân aproape constante în intervalul dela + 20°÷80°C. La temperaturi mai înalte de 80°C, proprietățile dielectrice se schimbă radical.

4. **Utilizarea viniplastului.** Proprietățile anticorozive și dielectrice ale viniplastului, întărite de caracteristicile mecanice superioare, de posibilitatea de a i se da orice formă la cald, de a-l prelucra cu ușurință la strung, de a-l suda și încleia, dau posibilitatea ca viniplastul să fie folosit în cele mai diferite domenii ale industriei, construcțiilor și comunicațiilor.

Astfel își găsește întrebuințarea în industria chimică și farmaceutică, a hârtiei, fotografică, textilă, în tipografii, în metalurgia metalelor neferoase, în electrochimie și în industria electrotehnică.

La instalațiile de coagulare el poate fi folosit pentru :

a) fabricarea conductelor pentru coagulant ;

b) căptușirea aparatelor și rezervoarelor aflate în medii corozive.

Viniplastul se fabrică în formă de benzi perforate și gofrate, plăci, țevi și alte profile, compoziție de sudură, etc., pretându-se foarte bine la confecționarea conductelor de oarece se poate ușor prelucra la mașini-unelte, se poate suda, îmbina cu flanșe și mufe, etc.

IV. **Prelucrarea viniplastului.** 1. *Sudarea.* Sudarea este metoda principală de legare a elementelor de construcții din viniplast. Sudarea viniplastului se bazează pe proprietățile termoplastice ale acestuia, adică pe proprietățile de a trece în stare de curgere la temperaturi mai ridicate decât punctul de curgere (domeniul deformațiilor plastice). In această stare, elementele supuse sudării sunt capabile de a se uni între ele printr-o mică presiune asupra lor. Adeziunea se realizează cu ajutorul materialului de completare (de adaos) realizat în formă de vergele de viniplast.

Procesul de sudură constă în încălzirea până la o temperatură de 200—225°C a materialului supus sudării și a vergelei de sudură, cu ajutorul unui curent de aer fierbinte și în umplerea canalului de sudură cu stratul din materiale de completare al vergelii. Curentul de aer fierbinte este creat cu ajutorul unui revolver special de sudură (fig. 2), care servește la încălzirea și direcționarea curentului de aer. Revolverul constă dintr-un cilindru de oțel având un capăt în formă de con, prevăzut cu o duză destinată dirijării curentului de aer și cu un mâner de lemn care servește la ținerea revolverului în timpul lucrului.

Prin mâner se efectuează intrarea aerului sub presiune și a curentului electric.

In interiorul cilindrului sunt așezați izolatori din ceramică prevăzuți cu canale cilindrice în care se așează o spirală din fir de nichel-crom, alimentată dela o sursă de curent alternativ.

Puterea încălzitorului este de 430—450 W. Corpul revolverului se pune la pământ la mâner. In cazul alimentării dela un transformator având joasă tensiune de 12 V, necesitatea punerii la pământ cade. Alimentarea revolverului cu aer comprimat se face dela un compresor prevăzut cu o instalație de filtre pentru reținerea picăturilor de ulei, sau dela baloane cu aer sub presiune.

Presiunea aerului care intră în revolver se reglează cu ajutorul unui ventil montat în linia de alimentare cu aer aproape de revolver.

Consumul de aer este de 2 m³/h la un pistolet, presiunea optimă de lucru a aerului fiind de 1,5—1,6 at.

Temperatura aerului de sudură se reglează atât prin variația presiunii aerului, cât și prin variația rezistenței din circuit cu ajutorul unui reostat și a unui ampermetru.

Regimul optim de sudură se fixează variind temperatura și deci intensitatea curentului și se determină prin încercarea la rupere a probelor sudate.

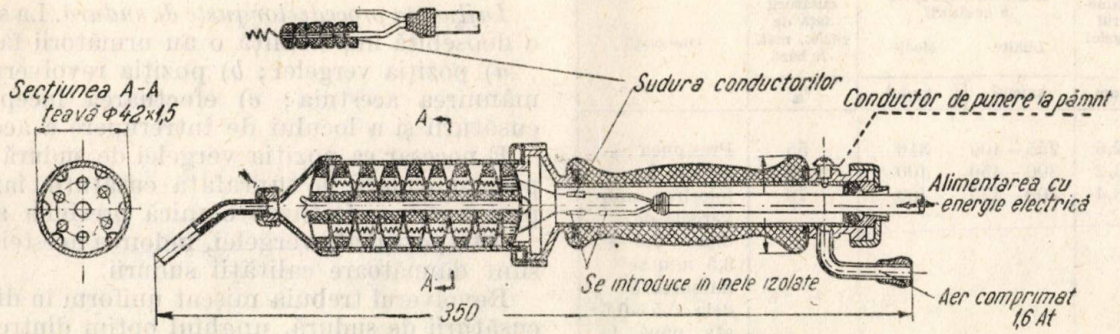


Fig. 2

Măsurarea temperaturii aerului de sudură se face cu ajutorul unui termometru cu mercur a cărui bulă se stabilește la distanța de 5 mm de pistolet.

Un regim just de sudură se caracterizează prin faptul că materialul de complectare capătă repede starea de curgere și astfel are loc o bună cimentare cu materialul de bază.

După răcire — la o sudură de calitate — materialul de adaos nu poate fi despărțit de materialul de bază fără distrugerea acestuia din urmă.

Un regim nejust de sudură (supraîncălzirea aerului, sudarea înceată, etc. se caracterizează prin faptul că materialul se împrăștie și se carbonizează.

Calitatea sudurii depinde în mare măsură de alegerea justă a parametrilor de sudură (temperatura aerului de sudură, forma cusăturii, unghiul de deschidere a cusăturii, secțiunea vergelei de sudură și a țevii de aer și de justețea executării procesului de sudură.

Influența temperaturii aerului de sudură. Cu cât temperatura aerului de sudură este mai înaltă, cu atât viteza de sudură este mai mare (și în consecință, sudura este mai economică), cu atât tăria cusăturii este mai mare.

Totuși, o temperatură a aerului mai ridicată de 270°C este periculoasă, de oarece duce la descompunerea totală ($\geqslant$ 300°C) sau parțială ($\ll$ 300°C) a materialului.

In acest fel, temperaturile optime ale aerului se consideră 230°...270°C, iar pentru începători se recomandă 230°...250°C, de oarece

lucrul la temperaturi mai ridicate este legat de riscul supraîncălzirii materialului și în consecință de slăbirea sudurii.

Influența secțiunii vergelei de sudură și a duzei revolverului. Cu cât diametrul vergelei de sudură este mai mare, cu cât sudura este mai economică, de oarece cu atât mai repede se efectuează umplerea crestăturii de sudură.

Diametrul vergelei poate varia în limitele dela diametrul 2 — diametrul 3,5 mm. In aceste limite, cu cât diametrul vergelei este mai mare, cu atât este mai mare rezistența cusăturii (Tabela Nr. 2).

Tabela 2

Nr. curent	Diametrul vergelei	Rezistența la rupere a cusăturii Limite	Medie	Rezistența cusăturii față de rezist. mat. de bază	Observații
	mm	kg/cm²	kg/m²	%	
1	2,6	255—400	310	55	Presiunea aerului la folosirea unor vergele de diam. 3,0 — 3,5 mm se micșorează dela 0,5—0,6 ata până la 0,4—0,5 ata.
2	3,2	300—450	400	72	
3	3,4	400—475	400	79	

Diametrul duzei revolverului trebue să fie egal cu diametrul vergelei de sudură. Când diametrul duzei e mai mare decât al vergelei, rezistența cusăturii se micșorează, probabil din cauza insuficienței încălzirii vergelei (tabela 3).

Tabela 3

Diametrul vergelei mm	Diametrul duzei mm	de rupere kg/cm
2,6	2,5	350 ± 20
2,6	3,5	156 ± 25

Influența formei cusăturii de sudură. In funcție de diferite considerațiuni constructive pot fi folosite următoarele forme de cusături: *a*) cap la cap; *b*) în unghi; *c*) în colț, cu un rând sau cu două rânduri; *d*) suprapusă. Forma principală de cusătură, având cea mai mare rezistență mecanică este cusătura cap la cap. Celelalte tipuri de cusături au o rezistență mecanică slabă și se folosesc numai în cazurile când în niciun caz nu poate fi folosită cusătura cap la cap.

Pentru cusătura cap la cap pot fi folosite două secțiuni în V și în X. Forma X este mai economică, de oarece la unul și același unghi de deschidere și la aceeași grosime a foii, se cere mai puțin material de adaos. In același timp, rezistența cusăturii în X este mai mare, ca urmare a răspândirii mai uniforme a tensiunilor termice (tabela 4).

Tabela 4

Unghiul de deschidere a cusăturii	Rezistența la rupere kg/cm² X	V
45°	100 ± 12	260 ± 29
60°	240 ± 19	295 ± 26
75°	245 ± 15	345 ± 23
90°	250 ± 14	400 ± 23

In practică sunt folosite următoarele unghiuri de deschidere:

la grosimea de 5 mm $\alpha = 55—60°$

la grosimea de 5 mm $\alpha = 70—90°$

Influența procedeelor juste de sudură. La sudură o deosebită importanță o au următorii factori: *a*) poziția vergelei; *b*) poziția revolverului și mânuirea acestuia; *c*) efectuarea începutului cusăturii și a locului de întrerupere a acesteia.

E necesar ca poziția vergelei de sudură să fie perpendiculară pe suprafața cusăturii, iar asupra ei să se efectueze o mică presiune axială.

Alte poziții ale vergelei, îndoirea acesteia, etc. sunt dăunătoare calității sudurii.

Revolverul trebuia mișcat uniform în direcția cusăturii de sudură, unghiul optim dintre duză și cusătură variind între 15°...40° în funcție de grosimea materialului de bază (respectiv 5—10 mm).

Locurile de întrerupere se taie cu ajutorul unui cuțit încălzit, pentru a obține o suprafață netedă a straturilor următoare.

Controlul sudurilor. Omogenitatea sudurii și lipsa porilor se poate controla prin trei metode: *a*) prin scânteie electrică; *b*) cu ajutorul apei; *c*) cu ajutorul aerului la o presiune de 1,1 at într-un vas ermetic închis. Controlul cu prima metodă constă în încercarea cusăturii cu un aparat special, la o tensiune de 20 kV. In cazul când cusătura este omogenă, între electrozii așezați pe tabloul aparatului are loc o descărcare electrică continuă. In cazul prezenței unor defecte, curentul de descărcare străpunge spațiile goale ale cusăturii, iar descărcarea pe panoul aparatului înce eazâ.

La controlul prin turnarea apei se constată dacă prin cusătură curge sau nu curge apă.

Controlul cu ajutorul aerului sub presiune se face prin ungerea cusăturilor cu soluție de săpun.

Controlul rezistenței cusăturii se face prin metodele cunoscute. In cazul când sunt respectați toți parametrii optimi de sudură, rezistența cusăturii atinge 70—80% din rezistența materialului de bază.

Neajunsuri. De oarece procedeele de sudură nu pot fi supuse unui control obiectiv riguros, rezistența cusăturilor de sudură depinde de calitățile subiective ale sudorului care execută lucrarea. Rezistența cusăturilor executate de același sudor poate varia între 30—80% din rezistența materialului de bază.

Al doilea inconvenient al acestui sistem de

sudură constă în slaba productivitate a lucrărilor. Viteza optimă de sudură este de 0,2 m/min.

Al treilea neajuns constă în micşorarea bruscă a rezilienţei materialului de bază în limitele cusăturii.

Aceasta din urmă este egală cu 10 kg cm/cm², adică e de 12 ori mai mică decât a materialului de bază. Aceste lipsuri serioase ale sudurii în curent de aer fierbinte cer înlocuirea acestei metode prin metoda de sudură cu ajutorul curenţilor de înaltă frecvenţă.

V. **Prelucrarea mecanică a viniplastului.** Viniplastul se poate prelucra uşor la maşini-unelte obişnuite. In acest caz trebue avut în vedere că având un coeficient de termoconductibilitate scăzut, din cauza marilor degajări de căldură, au loc încălziri locale ale viniplastului, lucru care duce la înmuierea şi chiar la descompunerea acestuia cu degajare de hidrogen clorat.

De aceea, la prelucrarea mecanică e necesară asigurarea îndepărtării permanente a aşchiei şi răcirea sculei şi a viniplastului în aşa fel, încît temperatura să nu depăşească 60°C. In acest scop e necesar ca aşchia să fie de secţiune mică, folosirea vitezelor mari la tăierea cu strunguri bine echilibrate dinamic, iar răcirea viniplastului să se facă cu aer şi nu cu lichid.

Prelucrarea la strung. Practica sovietică a stabilit următorii parametrii optimi:

1. Viteza de tăiere 700—1000 m/min unghiul de tăiere L = 15—20°; = 8—10°.
2. Viteza de degroşare 0,5 ÷ 0,8 mm la o rotire, la prelucrarea finală cel mult 0,15 mm la fiecare rotire.
3. Grosimea aşchiei în primul caz, până la 3 mm; în al doilea caz, 1,5 mm (nici mai puţin şi nici mai mult).

In cazul efectuării filetului se recomandă folosirea filetului rotund.

Găurirea se efectuează la viteze mari (150—170 m/min), cu mersul carului dela 0,1 la 0,5 mm de fiecare rotire.

Se foloseşte burghiu cu spirală, cu unghiul de tăiere de 15—20°.

Frezarea. Viteza V = 1000 m/min, 0,3 mm la un dinte, α = 25 — 30°.

Rabotarea γ = 20°; α = 15°. A se lucra cu viteza maximă a raboteuzei.

VI. **Aplicarea acestei metode la noi în ţară.** La una din noile centrale termoelectrice din ţara noastră s'a rezolvat pentru prima oară problema prelucrării viniplastului. In acest fel, de acum înainte instalaţiile pentru coagulant nu vor mai fi executate din oţel. Acest fapt face ca instalaţiile să fie mult mai sigure iar cheltuelile necesare înlocuirii conductelor corodate să fie evitate.

Peoblema prelucării viniplastului a fost rezolvată utilizând documentaţia sovietică referitorae la viniplast de către un colectiv de ingineri şi tehnicieni.

In condiţiile de şantier construcţia revolverului a fost realizată puţin diferit de cea expusă în articolul de faţă.

Conducându-se după indicaţiile date în literatura sovietică s'au obţinut rezultate bune. Avînd o experienţă acumulată, această metodă va fi extinsă din ce în ce mai mult în toate domeniile unde este necesară introducerea viniplastului.

★

ПРИМЕНЕНИЕ ВИНИПЛАСТА ДЛЯ УСТАНОВОК ХИМИЧЕСКОЙ ВОДООЧИСТКИ НА ТЭС

Резюме

Статья „Применение винипласта для установок химической водоочистки на ТЭС“ интересна с практической точки зрения для монтажных участков и эксплоатации ТЭС.

Положительная сторона статьи состоит в сборе документальных данных о свойствах винипласта и с другой стороны в практических указаниях по выполнению соединений.

DETERMINAREA MOMENTULUI ŞI LOCULUI UNDE TREBUE TRATAT NEUTRUL PRIN EVALUAREA SUPRATENSIUNILOR „PRELUNGITE"

(tratare cu bobină de reactanţă)

Ing. P. DIMO

In continuarea rezumatului studiu'ui făcut în „Energetica" Nr. 11/1953, se dau mai jos o parte din conc'uziile practice ce rezultă din noua interpretare a cauzei supratensiunei staţionare dată de autor.

I. **Reprezentarea completă a fenomenului fizic al punerii la pământ a unei faze** (pe bază de noţiuni ce permit determinări cantitative). Intr'un număr trecut al acestei reviste [1] s'a arătat o nouă interpretare a supratensiunilor staţionare (prelungite) observate în reţelele cu neutrul izolat atunci când o fază se pune la pământ.

Aceste supratensiuni apar pe fazele sănătoase şi sunt atribuite încă de literatura de specialitate arcului intermitent, cu toate că şi repetatele experienţe pe viu făcute în ultimul timp au găsit arcul în defect fără „urmă de intermitenţă". Astfel în fig. 1, reproducem forma curentului oscilografiat a unei ultime încercări pe viu făcută pe o reţea de 45 kV cu neutru izolat (1948). Deasemenea reproducem diagrama supratensiunilor observate pe cele 2 faze la aceiaşi încercare. Aceste două indicaţii contrazic teoriile (Steinmetz, Slepian) arcului intermitent, dar se găsesc complect explicate de noua interpretare pe care o dăm acum fenomenului.

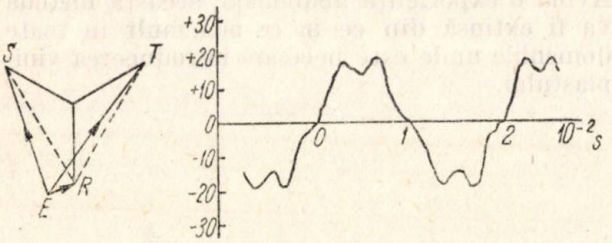


Fig. 1. Diagrama tensiunilor şi a curentului într un arc neprezentând intermitenţe

(încercare pe viu, reţea de 45 kV).

Incercările din trecutul mai îndepărtat au dat toate rezultate similare.

Să încercăm acum o reprezentare a fenomenului fizic al punerii la pământ al unei reţele cu neutrul izolat utilizând noţiunile curente, care permit şi determinări cantitative.

Pentru a lămuri răspunsul generatorului în primul moment al punerii la pământ, considerăm pentru acest moment că regimul forţat se determină din menţinerea unei tensiuni constante în spatele reactanţei subtranzitorii. Peste acest regim forţat se suprapune regimul liber al circuitului unde maşina sincronă intră tot cu reactanţa subtranzitorie. Acest regim liber depinde evident de valoarea tensiunii în momentul formării contactului. După cum se ştie şi acest regim liber poate fi examinat pe baza aceleiaşi scheme echivalente alcătuită din cele trei reţele secvente (fig. 3). *Este de observat că, în cazul unor frecvenţe mai înalte ale circuitului liber, considerarea caracteristicilor concentrate şi neglijarea capacităţilor mici, aşa cum se face curent, poate conduce la erori mari.*

Mai departe, dacă am dori menţinerea aceluiaşi circuit, cu aceleaşi reactanţe, ar trebui să considerăm o forţă electromotoare variabilă în spatele reactanţei subtranzitorii, determinând o serie de regimuri forţate succesive, care se adună la început cu regimul liber, iar apoi rămâne fenomenul unic al reţelei formate din schema echivalentă ce reprezintă o punere la pământ. Această variaţie a tensiunii corespunde

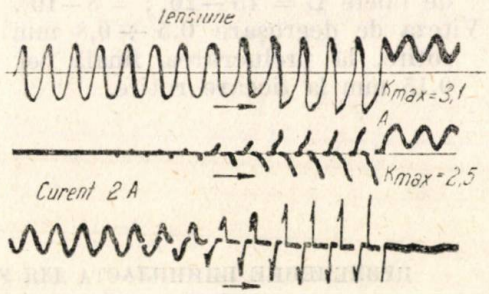


Fig. 2.

a—curba curentului din arcul defectului la pământ; *b*—tensiunile măsurate pe fazele sănătoase (Reprodus din studiul prof. Djuvarlă).

reacţiei indusului şi este de fapt tot un fenomen tranzitoriu.

Pentru a ocoli dificultatea determinării acestei părţi a procesului, trecem direct la fenomenul staţionar care se stabileşte după scurgerea acestei părţi tranzitorii şi care poate fi determinat prin considerarea reactanţei de regim permanent şi a tensiunii care se află în spatele acestei reactanţe în momentul iniţial. Această parte se evaluează conform celor stabilite în lucrarea „Cauza supratensiunilor prelungite" [2].

Valoarea iniţială obţinută după cum s'a arătat mai sus, se va racorda în timp cu această valoare staţionară după o curbă continuă. Constantele de timp ale circuitelor ce intervin în fenomenul de reacţiune al indusului, arată timpul necesar pentru stabilirea regimului staţionar.

In sfârşit plecând dela valorile date de acest ultim regim pentru tensiuni şi curenţi, se poate

determina procesul ce urmează după stingerea arcului. Circuitele ce rămân fără punere la pământ se consideră pentru studiul regimului liber final, cu reactanţele supratranzitorii pentru generatori, ca şi în momentul iniţial. Posibilităţile date de reaprinderea arcului în acest moment final, înainte de stingerea definitivă, au fost examinate în studiile Profesorului Djuvarlâ şi determinate supratensiunile ce rezultă [3].

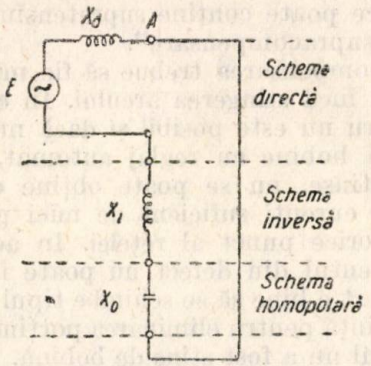


Fig. 3. Schema echivalentă a defectului pe o fază. Defect în punctul *A*. Reţea în gol.

In fig. 2 se reproduce diagrama oscilagrofiată a unei experienţe făcute în laborator cu un curent de 2,5 A din care se vede că la stingerea arcului cele câteva reaprinderi pot produce o ridicare a potenţialului. După Prof. Djuvarlâ aceste supratensiuni pot atinge cifra 3,1 în unităţi relative (1 = tensiunea nominală). Cum asemenea intermitenţe nu au fost constatate la numeroasele experienţe pe viu în reţele cu curenţi mari capacitivi, ar rezulta că ele rămân un pericol limitat numai în cazul curenţilor mai mici capacitivi (arcul mai puţin stabil, şi probabil ca un fenomen tranzitoriu, nu staţionar, în momentul final al stingerii arcului.

Observăm că fenomenul destul de greu de stăpânit teoretic pentru evaluări cantitative, al acestor reaprinderi repetate pentru acest caz este în fond similar cu cel ce se examinează la cercetările ce se fac asupra întrerupătorilor unde puterea de rupere se stabileşte în funcţie de tensiune de restabilire. Pare însă complect demonstrat de toate încercările pe viu făcute până azi că nu acest fenomen este cauza „supratensiunilor prelungite" observate în trecut care intervin numai la valori mari ale curenţilor capacitivi şi care au produs atâtea grave avarii reţelelor de înaltă tensiune cu neutrul izolat.

II. **Evaluarea ordinei de mărime a supratensiunilor conform interpretării de mai sus.** Considerăm deci :

a) Supratensiuni staţionare în timpul punerii la pământ ;

b) Supratensiuni de comutaţie la stabilirea sau stingerea arcului de punere la pământ.

Fenomenul tranzitoriu ce se stabileşte la stingerea arcului pleacă dela valori iniţiale mărite în cazul supratensiunilor staţionare ce apar în timpul arcului. Determinarea întregului proces în cazul unei puneri la pământ se poate evalua dacă se cunosc parametrii reţelei, după cum urmează :

1. *Partea iniţială.* Se stabileşte schema echivalentă a sistemului în cazul punerii la pământ a unei faze (fig. 3). Pentru generatori se consideră reactanţa subtranzitorie. Se calculează pe baza reactanţei subtranzitorii fenomenul care apare în momentul iniţial. Se vede că el depinde de momentul în care se presupune că s'a stabilit contactul. Continuarea fenomenului după momentul iniţial se poate face din racordarea valorilor iniţial obţinute cu cele de regim permanent care se obţin după cum se indică mai jos. Această primă parte iniţială nu este influenţată de posibilitatea de apariţie a supratensiunilor prelungite.

2. *Supratensiunile staţionare* (prelungite). Se pot determina după cum este arătat în lucrarea „Cauzele supratensiunilor prelungite" [2]. Se stabileşte schema echivalentă a reţelei şi se determină generatorul echivalent. Se aplică apoi formula care dă componenţa directă a tensiunii în unităţi relative în punctul de defect :

$$U_d^2 = \frac{1 + \sqrt{1 - K_1^2 \sin^2 2\delta}}{2 K_1^2 \cos^2 \delta},$$

Se determină de aici tensiunea la pământ a fazelor sănătoase.

δ fiind unghiul dintre tensiunea internă în spatele reactanţei sincrone a generatorului echivalent, şi tensiunea în punctul de defect.

$$K_1 = 1 - \frac{q}{Q} \quad \text{cu :}$$

$q = \frac{1}{x_h}$ (puterea reactivă capacitivă a secvenţei homopolare când aplicăm tensiunea $U_n = 1$)

$Q = \frac{1}{x_d}$ (puterea reactivă a reţelei pasive, privită din punctul de defect, când îi aplicăm tensiunea $U_n = 1$).

3. *Partea finală. Ruperea arcului de punere la pământ.* Această parte finală este un fenomen tranzitoriu care îşi găseşte condiţiile iniţiale în partea staţionară a fenomenului. Supratensiunile ce se pot naşte după stingerea arcului pot fi deci amplificate de eventualele supratensiuni prelungite ce ar putea apare. Cifra de 3,1 dată după cercetări foarte noi trebue deci înmulţită cu cifra de sporire a componentei directe a tensiunii în punctul de defect, dată de supratensiunea staţionară [2].

III. **Supratensiunile periculoase.** Atât supratensiunile dela punctul 1, cât şi cele dela punctul 3 dacă nu depăşesc în general ca valoare supratensiunile de comutaţie, au un caracter tranzitoriu, se amortizează relativ repede şi nu sunt periculoase pentru o reţea izolată după regulile curente, dacă nu sunt amplificate de supratensiuni staţionare.

In cazul când parametrii rețelei permit apariția supratensiunilor staționare, atunci solicitarea rețelei poate depăși posibilitățile ei de rezistență. *Deocamdată fixăm drept normă pentru supratensiunile staționare ca acestea să nu depășească 2 E, la punerea la pământ a unei faze (în loc de 1,73 E).* Această cifră va fi considerată la tratarea neutrului.

IV. **Studiul rețelei pentru evitarea supratensiunilor staționare.** Ceeace se poate face întotdeauna este amenajarea rețelei în așa fel ca în nici-o împrejurare să nu se poată naște supratensiuni staționare (sau prelungite). Oricum ar fi tratat neutru, direct, prin bobină de reactanță sau prin o rezistență, se studiază detaliat posibilitățile de tăiere a întrerupătorilor în caz de defect și diversele configurații ce pot rezulta pe diverse tronsoane de rețea separat. Pe tronsoanele unde ar fi posibil să se nască supratensiuni prelungite se tratează neutru. In acest mod rețeaua este asigurată că nu poate fi solicitată mai mult, decât în cazul supratensiunilor de comutație, relatate mai sus și nu sunt posibile supratensiunile prelungite.

Practic, în scopul de mai sus, se consideră pe rețeaua respectivă fiecare stație ridicătoare și se leagă la barele acestei stații toate liniile ce ar putea fi legate din jocul întrerupătorilor, în situații normale, excepționale sau de avarie.

1. *Evaluarea punctelor unde neutrul trebue tratat.* De obicei supratensiunile maxime sunt date de rețeaua cea mai desvoltată posibil (curenți capacitivi mari), legată la generatorii cu puterea nominală cea mai mică. Astfel se evaluează pentru fiecare punct ridicător în parte dacă poate sau nu să conțină supratensiuni prelungite, și deci dacă trebue sau nu tratat neutrul respectiv.

2. *Aprecierea modului cum trebue tratat neutrul.* In genere la tensiuni foarte înalte convine mai mult punerea directă la pământ sau prin o rezistență mică (110 kV sau mai mult). La tensiuni mijlocii se preferă punerea la pământ prin o bobină de reactanță.

In considerațiile ce intervin la modul de tratare a neutrului se ține în special seama de gradul de izolație al rețelei (condiții economice).

Ne vom mărgini a aminti aci că punerea directă permite nivelul cel mai jos de izolare al rețelei, iar neutrul „compensat" sau subcompensat (domină curentul capacitiv în defect) gradul cel mai înalt. De aceia în cazul tratării neutrului cu o bobină de reactanță se supracompensează sau eventual se compensează (cu reglaje automate ale bobinei pentru a asigura stingerea indiferent de locul defectului). In genere la rețelele de 110 kV sau mai mult supratensiunile prelungite ce pot apare sunt foarte mari. Punerea directă la pământ, făcută în toate locurile conform considerațiilor dela punctul 1 fac să dispară complect fenomenul. La asemenea rețele de foarte înaltă tensiune, cu linii lungi, acordarea perfectă a unei bobine e dificilă, secvența homopolară schimbându-și sensibil valoarea după punctul unde are loc defectul.

3. *Dimensionarea bobinelor.* In dimensionarea bobinelor din fiecare punct în parte în cazul tratării cu bobine de reactanță trebuesc avute în vedere următoarele considerații justificate în studiul amintit aci [2].

a) Totalul bobinelor de reactanță așa cum sunt așezate trebue să supracompenseze orice defect în orice punct al rețelei s'ar întâmpla.

b) In toate situațiile de avarie, care conduc la separări ale rețelei, să se asigure pe fiecare tronson ce poate conține supratensiuni prelungite o „supracompensare".

Supracompensarea trebue să fie mică pentru a asigura încă stingerea arcului. In cazul când acest lucru nu este posibil și dacă nu se întrebuințează bobine cu reglaj automat, la rețele foarte întinse, nu se poate obține cu bobine obișnuite curenți suficient de mici pentru defecte în orice punct al rețelei. In acele părți, unde curentul din defect nu poate fi „suflat" în mod cert e bine să se schimbe tipul protecției în consecință pentru eliminarea porțiunii defecte unde arcul nu a fost stins de bobină.

4. *Dimensionarea rezistențelor pe neutru.* Din studiul amintit la începutul acestui articol [2] s'a arătat că rezistențele au o valoare maximă care asigură secvenței homopolare o rezultantă inductivă. Această considerație determină valoarea maximă a rezistenței care face să dispară în mod cert supratensiunile staționare.

Pentru o lămurire mai bună a celor de mai sus vom da un exemplu de tratare a neutrului cu bobine de reactanță ușor „supraacordate" într'o rețea de 35 kV.

V. **Tratarea neutrului cu bobină de reactanță. Exemplu de calcul.** Tipul de tratare al neutrului pe care îl vom examina aci pe baza unui exemplu este cu bobină supraacordată. Acest tip de tratare are următoarele caracteristici:

a) Bobine dă un curent ușor mai mare decât curentul capacității rețelei față de pământ (în defect).

b) Valoarea curentului rezultant în defect trebue să fie totuși destul de mică pentru ca în majoritatea cazurilor arcul să dispară dela sine.

Exemplu: Să se determine dacă trebue tratat neutrul și locul anume unde, în rețeaua de 35 kV din fig. 4. Se vor presupune diverse cazuri, cu puteri diferite pentru generatorii din punctul 1, și punctul 2, pentru exemplificare (fig. 4).

G_1 este un generator hidraulic cu reactanța sincronă 100%.

G_2 și G_3 sunt turbogeneratori identici cu reactanță sincronă de scurt circuit 160%. Considerând după o caracteristică tip de mers în gol (vezi Piotrovschi — Mașini electrice, pag. 471—472) o variație de 18% între funcționarea în scurt circuit și în gol s'a ajuns la o valoare a reactanței sincrone în gol la tensiunea nominală de $x_d = 131\%$.

Liniile aeriene L_1 și L_2 duc conductori de Cu 35 mm² au constantele:

$r = 0{,}54\ \Omega/km$; $x = 0{,}45\ \Omega/km$; $y = 2{,}53 \cdot 10$ S/km; $x_b = 1{,}49\ \Omega/km$; $y_b = 1{,}664 \cdot 10^{-6}$ S/km.

Linia subterană de 3 km este alcătuită din 2 plecări în cablu de 3 × 95 mm² cu manta de Pb pentru fiecare vână conductoare (capacitatea

Constantele liniei subterane :

$$\gamma_0 = \frac{1}{2}\gamma \cdot 1 \cdot \frac{S_b}{U_n^2} = \frac{1}{2} = 0{,}188 \cdot 3 \cdot \frac{10}{35^2} = 0{,}0023;$$

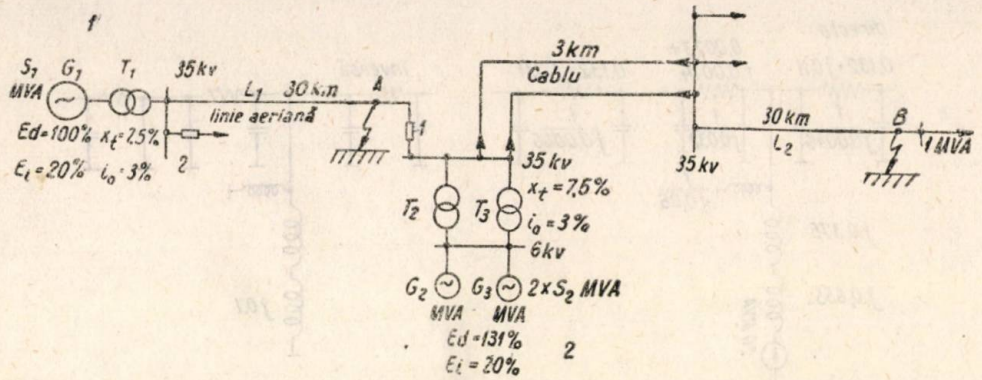


Fig. 4. Rețea de 35 kV cu 2 posturi ridicătoare 1 și 2.

de serviciu este egală cu capacitatea homopolară) și are constantele :

$r = 0{,}188\ \Omega/\text{km}$; $x = 0{,}115\ \Omega/\text{km}$; $y = y_h = 8{,}64.10^{-6}$ S/km; $x_h = 0{,}379\ \Omega/\text{km}$.

Cazul 1—0. *Puterea mare a generatorilor atât în punctul 1 cât și 2* — $S_1 = S_2 = 30$ MVA.

***

In acest caz dacă se încearcă orice combinație legând unul sau mai mulți generatori pe o parte sau toată rețeaua de 35 kV și se presupune o punere la pământ într'un punct oarecare, oriunde ar fi el, nu se obține nicio supratensiune. Calculul se face analog ca în exemplele de mai jos. *Neutrul nu e necesar să fie tratat* în niciun punct.

***

In exemplele ce urmează, vom calcula numai o situație și anume aceia ce conduce la supratensiunea maximă *).

***

Cazul 1—1. *Generator puternic în punctul* 1; *în punctul* 2 *putere mai mică.*

$$S_1 = 30\ \text{MVA} \quad S_2 = 20\ \text{MVA}$$

Dintr'o împrejurare fortuită ne găsim în situația : G_2 în gol pe linia aeriană L_1 pe linia subterană L_2 și pe linia aeriană L_3 (cea mai defavorabilă posibil).

Puterea de bază = 10 MVA și $U_b = 35$ kV se obține :

Pentru generatorii G_2 :

$$x_d = \frac{E_d}{100} \cdot \frac{S_b}{S_n} = \frac{131}{100} \cdot \frac{10}{20} = 0{,}655\ ;\ x_t = 0{,}1$$

pentru transformatorii I_2 :

$$x_t = 0{,}375\ ;\ y_t = \frac{i_0}{100} \cdot \frac{S_x}{S_b} = \frac{3}{100} \cdot \frac{20}{10} = 0{,}06$$

$$x_c = 0{,}0023 \cdot \frac{0{,}115}{0{,}188} = 0{,}0014$$

$$x_{hc} = 0{,}0023 \cdot \frac{0{,}379}{0{,}188} = 0{,}00465\ ;$$

$$y_c = y_{hc} = 2 \cdot y \cdot 1 \cdot \frac{x_n^2}{S_b} = 0{,}064$$

și ale liniei aeriene (L_1 sau L_3) :

$\gamma_1 = 0{,}132$; $x_1 = 0{,}11$; $x_h = 0{,}364$; $y_1 = 0{,}0093$; $y_h = 0{,}0061$

Se alcătuesc următoarele scheme de frecvență :

$$Q = \frac{1}{x_d} = \frac{1}{1{,}16} = 0{,}863\ ;\ q = \frac{1}{x_h - x_i} = \frac{1}{13{,}2 - 0{,}6} =$$

$$= \frac{1}{12{,}6} = 0{,}0794$$

$$U_d = \frac{Q}{Q - q} = \frac{0{,}863}{0{,}783} = 1{,}1$$

$$\boxed{E_p = 1.94}$$

In cazul când 2 sau toate grupurile ar fi în funcțiune nu se obține supratensiune.

Tratarea neutrului este discutabilă. Pentru multă prudență s'ar putea trata neutrul în punctul 2.

***

Cazul 1—2. *In punctul* 2 *generatorii de putere mai redusă.* Situația cea mai defavorabilă când un generator din punctul 2 ar funcționa singur pe rețeaua de 35 kV

$$S_1 = 30\ \text{MVA}; \quad S_2 = 10\ \text{MVA}$$

$$x_d = 1{,}31\ ;\ x_t = 0{,}2\ ;\ x_i = 0{,}75\ ;\ y_t = 0{,}03$$

*) Calculele efectuate de ing. *S. Ionescu.*

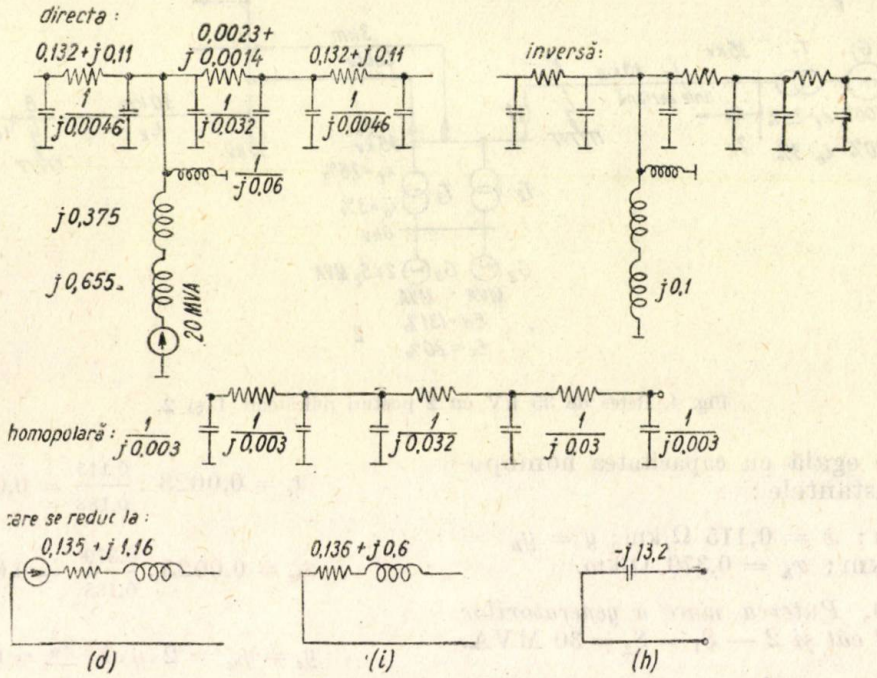


Fig. 5. Schemele rețelelor secvente

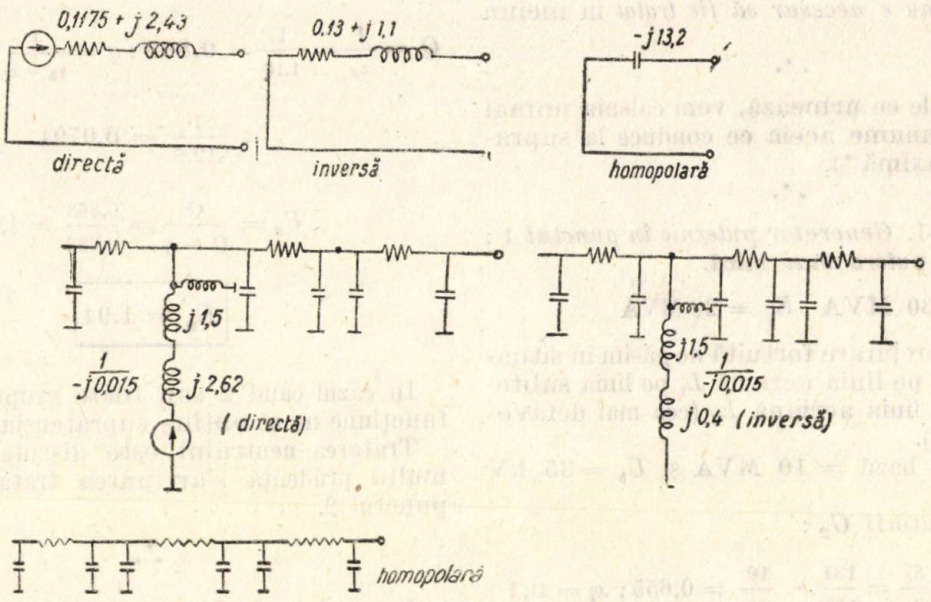


Fig. 6. Reducerea schemelor rețelelor secvente

Celelalte valori sunt aceleaşi ca la 1—1 : Se obţine :

$$Q = \frac{1}{x_d} = \frac{1}{2{,}43} = 0{,}412\,;\quad q = \frac{1}{x_h + x_t} =$$

$$= \frac{1}{13{,}2 - 1{,}2} = \frac{1}{12{,}1} = 0{,}0826$$

$$U_d = \frac{Q}{Q - q} = \frac{0{,}412}{0{,}329} = 1{,}25$$

$$\boxed{E_p = 2{,}27}$$

Neutrul trebue tratat în punctul 2.

* * *

C a z u l 1—3 (fig. 7). In punctul 2 generatori cu puteri şi mai reduse. Reţeaua de 35 kV în gol

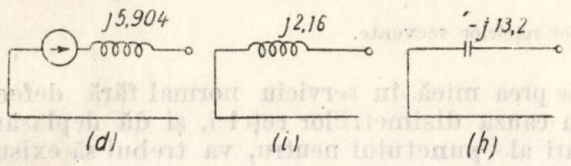


Fig. 7. Schema reţelelor secvente

rămâne pe un singur generator din punctul 2 constitue cazul cel mai defavorabil care se calculează

$$S_1 = 30\ \text{MVA};\quad S_2 = 5\ \text{MVA}$$

$$x_d = 2{,}62\,;\ x_1 = 0{,}4\,;\ x_t = 1{,}5\,;\ y_t = 0{,}015$$

celelalte fiind aceleaşi

$$Q = \frac{1}{x_d} = 0{,}169\,;\quad q = \frac{1}{x_h + x_t} = \frac{1}{11{,}04} = 0{,}0905$$

$$U_d = \frac{0{,}169}{0{,}0785} = 2{,}15$$

$$\boxed{E_p = 3{,}73}$$

Neutrul trebue neapărat tratat în punctul 2.

* * *

C a z u l 2—1 (fig. 8). *Generatori puternici în punctul 2 mai mici în punctul* 1. Din condiţiile conexiunei punctului 2 se presupune că G_1 nu ar putea rămâne singur pe întreaga reţea de 35 kV întrerupătorul *1* lucrând în asemenea cazuri. Se calculează numai cazul în care G_1 ar alimenta linia L_1

$$S_1 = 10\ \text{MVA}\qquad S_2 = 2 \times 30\ \text{MVA}$$

$$S_b = 5\ \text{MVA}\qquad U_b = 35\ \text{kV}$$

$$x_d = \frac{E_d}{100} \cdot \frac{S_b}{S_n} = \frac{100}{100} \cdot \frac{5}{10} = 0{,}5\,;\ x_t =$$

$$= 0{,}1\,;\ x_l = 0{,}0375\,;\ y_t = 0{,}06.$$

Constantele liniei aeriene L_1 raportate la noua mărime de bază :

$$r_1 = 0{,}066\,;\ x_1 = 0{,}055)\,;\ x_h = 0{,}182\,;\ y_1 = 0{,}0186$$
$$y_h = 0{,}0122$$

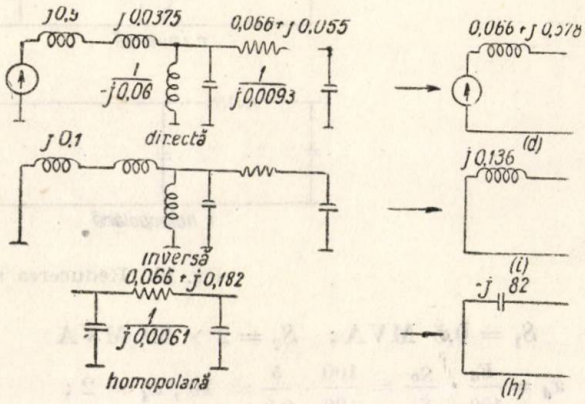


Fig. 8. Reducerea schemelor reţelelor secvente

$$Q = \frac{1}{0{,}578} = 1{,}73\,;\quad q = \frac{1}{82 - 0{,}136} = \frac{1}{81{,}864} = 0{,}0122$$

$$U_d = \frac{Q}{Q - q} = \frac{1{,}73}{1{,}72} \cong 1$$

$$E_p = 1{,}73.$$

Neutrul nu trebue tratat în punctul 1. In punctul 2 deasemenea am văzut că nu trebue tratat pe baza calculelor din cazurile precedente

* * *

C a z u l 2—2 (fig. 9). *Se micşorează puterea uzinei din punctul* 1.

$$S_1 = 5\ \text{MVA};\quad S_2 = 2 \times 30\ \text{MVA}$$

$$x_d = 1\,;\ x_i = 0{,}2\,;\ x_t = 0{,}675\,;\ y_t = 0{,}03$$

$$Q = 0{,}905\,;\ q = 0{,}01226\,;\ U_d = 1{,}012\,;\ E_p = 1{,}75$$

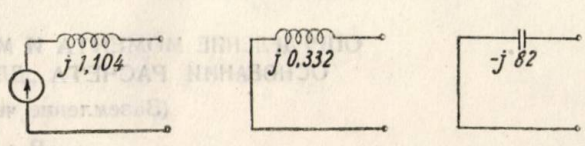


Fig. 9 Schemele reţelelor secvente

Neutrul nu trebue tratat ca şi la 2—1. In ambele cazuri însă ar fi fost necesară tratarea dacă exista posibilitatea ca G_1 să rămână câteodată

legat singur pe toată rețeaua. (Același calcul conduce la supratensiuni).

* * *

Cazul 2—3 (fig. 10). *Postul 1 are o putere foarte mică.* Ipoteza de funcționare ca la 2—1.

Pentru toate cazurile de mai sus: În ceeace privește mărimea bobinelor ele se vor alege cu priza mijlocie pentru ca, curentul lor total să fie egal cu curentul capacitiv total al rețelei + 10 — 15%.

În cazul când o asemenea supracompensare

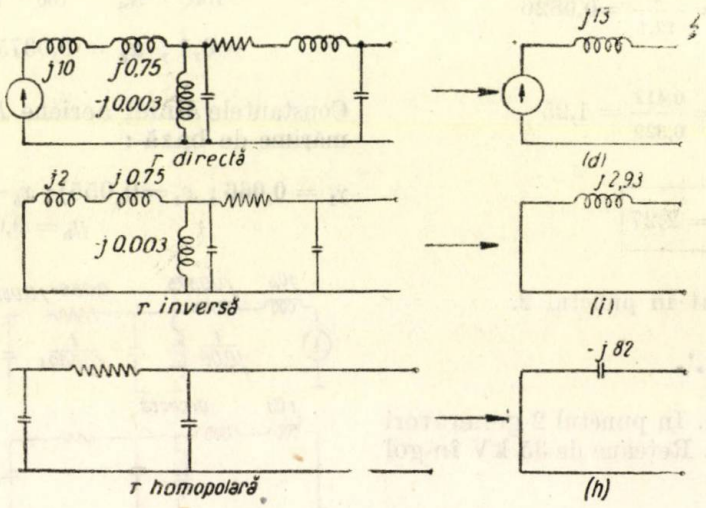


Fig. 10. Reducerea schemelor rețelelor secvente.

$$S_1 = 0{,}5 \text{ MVA}; \quad S_2 = 2 \times 30 \text{ MVA}$$

$$x_d = \frac{E_d}{100} \cdot \frac{S_b}{S_n} = \frac{100}{100} \cdot \frac{5}{0{,}5} = 10; \; x_i = 2;$$

$$x_t = 0{,}75$$

$$y_t = \frac{i_0}{100} \cdot \frac{S_n}{S_b} = \frac{3}{100} \cdot \frac{0{,}5}{5} = 0{,}003$$

$$Q = \frac{1}{13} = 0{,}077; \; q = \frac{1}{82 - 2{,}93} = \frac{1}{79{,}07} = 0{,}0127$$

$$\Gamma_d = \frac{Q}{Q - q} = \frac{0{,}077}{0{,}0643} = 1{,}2$$

$$E_p = 2{,}08.$$

Neutrul trebue tratat în punctul 1.

* * *

În toate cazurile de mai sus nu s'a ținut seama de limitarea pe care ar da-o corecția de saturație a generatorului care însă nu ar putea micșora decât valorile peste 2.

este prea mică în serviciu normal fără defect din cauza disimetriilor rețelei, și dă deplasări mari ale punctului neutru, va trebui să existe posibilitatea de supracompensare mai mare.

În cazul a 2 bobine fiecare bobină în parte e bine să fie verificată pentru a da o supracompensare în ipoteza cea mai probabilă de funcționare normală sau de avarie a rețelei în 2 părți galvanic separate câte una pentru fiecare bobină (sau mai multe dacă sunt mai multe puncte tratate).

Bibliografie

[1] *Dimo P.*: Cauza supratensiunilor prelungite, Energetica, nr. 11/1953.

[2] *Dimo P.*: Cauza supratensiunilor prelungite în rețelele cu neutru izolat, Revista Studii și Cercetări de Energetică, nr. 1—2/1953.

[3] *Djuvarlă C. M.*: Electricestvo, nr. 6/1953, pag. 18.

★

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОМЕНТА И МЕСТА ЗАЗЕМЛЕНИЯ НЕЙТРАЛИ НА ОСНОВАНИИ РАСЧЕТА „ДЛИТЕЛЬНЫХ" ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

(Заземление через реактивности)

Резюме

В продолжение статьи опубликованной в „Энергетике" № 11, дается часть практических заключений исходящих из новой интерпретации причины стационарных перенапряжений, данной автором.

CONTRIBUŢII LA TEORIA FILTRELOR DE COMPONENTE SIMETRICE ŞI LA MĂSURAREA COMPONENTELOR SIMETRICE ÎN CAZUL TENSIUNILOR DE LINIE

Ing. M. PREDA

Filtrele de componente simetrice sunt larg folosite azi în rețelele sistemelor energetice moderne, atât pentru măsurarea situațiilor și regimurilor de funcționare, cât și pentru organizarea protecției cu relee. Articolul de față prezintă un sistem de măsurare a componentelor simetrice a tensiunilor printr'un dispozitiv industrial, cu posibilități de aplicație ușoare într'o rețea electrică.

1. **Cunoștinte de bază referitoare la componentele simetrice.** Un sistem oarecare trifazat, nesimetric poate fi descompus în trei sisteme simetrice trifazate, numite sisteme de componente simetrice ale sistemului dat. Această descompunere este mult utilizată împreună cu teorema suprapunerii pentru calculul regimurilor nesimetrice în circuitele trifazate liniare.

Componentele simetrice ale unui sistem de tensiuni $\bar{U}_1$, $\bar{U}_2$, $\bar{U}_3$ sunt prin definiție :

Componenta homopolară

$$\bar{U}_0 = \frac{1}{3}(\bar{U}_1 + \bar{U}_2 + \bar{U}_3)$$

Componenta de succesiune directă

$$\bar{U}_d = \frac{1}{3}(\bar{U}_1 + a\bar{U}_2 + a^2\bar{U}_3) \qquad (1)$$

Componenta de succesiune inversă

$$\bar{U}_i = \frac{1}{3}(\bar{U}_1 + a^2\bar{U}_2 + a\bar{U}_3)$$

In aceste relații $a = e^{j\frac{2\pi}{3}}$.

Deoarece suma tensiunilor de linie este zero, componenta homopolară a acestui sistem este zero.

Cu ajutorul componentelor simetrice obținem :

$$\bar{U}_1 = \bar{U}_0 + \bar{U}_d + \bar{U}_i;$$
$$\bar{U}_2 = \bar{U}_0 + a^2\bar{U}_d + a\bar{U}_i;$$
$$\bar{U}_3 = \bar{U}_0 + a\bar{U}_d + a^2\bar{U}_i.$$

Gradul de disimetrie al tensiunilor de linie se măsoară prin coeficientul de disimetrie ε definit prin relația :

$$\varepsilon = \frac{U_i}{U_d}100\%. \qquad (2)$$

Componentele de succesiune directă și inversă ale tensiunilor de linie produc în mașinile electrice asincrone și sincrone câmpuri magnetice rotitoare cu sensuri opuse de rotație. Acest fapt duce la micșorarea cuplului activ la motoare, la apariția de pierderi suplimentare în fierul mașinii, la trepidații și deci la înrăutățirea condițiilor de funcționare a acestor mașini în cazul alimentării lor la un sistem de tensiuni nesimetric.

2. **Măsurarea componentelor simetrice.** Măsurarea componentelor simetrice ale sistemelor trifazate de curenți sau tensiuni se poate face prin utilizarea unor scheme electrice speciale, numite filtre de componente simetrice.

Aceste filtre au căpătat în ultimul timp o largă utilizare și în protecția prin relee a circuitelor electroenergetice, împotriva regimurilor de funcționare anormale.

Deoarece din punct de vedere practic nu este convenabilă realizarea unor condensatori cu capacități electrice mari și a unor bobine fără miez de fier, cu inductanțe mari, este mai avantajoasă folosirea unor filtre ce se pot realiza cu capacități și inductanțe mici.

Folosirea inductanțelor cu miez de fier este legată de o însemnată variație a inductanței cu regimurile de funcționare ale filtrului și nu convine în aceste cazuri, unde este necesară o inductanță constantă.

Practic urmează să se folosească filtre cât mai simple, având relațiile de condiție între impedanțe astfel încât să permită folosirea unor capacități mici, de ordinul μ F, și eventual a unor inductanțe fără miez de fier de ordinul sutimilor de henry.

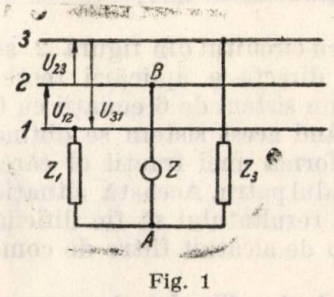


Fig. 1

Dezavantajele sistemelor deobicei folosite și a celor indicate în literatura de specialitate pentru măsurarea componentelor simetrice, la tensiunile de linie, consistă în existența unor condiții ce implică folosirea unor elemente greu de realizat. Astfel de exemplu : sistemul din figura 1 permite măsurarea componentelor simetrice directe sau inverse cu condiția :

$$\bar{Z}_1 = a^2\bar{Z}_2 \qquad (3)$$

și implică folosirea unor reactanțe capacitive și inductive ce satisfac inegalitatea :

$$\frac{X_L}{2} \leq X_c \leq 2X_L \qquad (4)$$

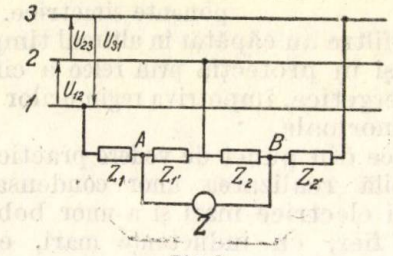
aceasta rezultă din (3) egalând părțile reale și cele imaginare și punând condiția $R_1 > 0$, $R_2 > 0$.

Această revine de exemplu în cazul utilizării unei bobine fără miez de fier având o inductanță de 10^{-2} H, la folosirea unei capacități de cel puțin 500 μF.

În plus folosirea unor inductanțe de acest ordin de mărime face ca filtrul să aibe impedanțe mici și deci să dea erori sistematice prin perturbarea stării electrice a sistemului la care se măsoară tensiunile.

3. Dificultățile metodelor clasice de calcul și determinare a filtrelor de componente simetrice. Metoda clasică de studiu a filtrelor de componente simetrice constă în :

— Determinarea tensiunii între două puncte ale unui circuit, în examinarea acestei tensiuni în funcție de componentele simetrice ale sistemului de tensiuni aplicat, și în funcție de impedanțele din circuit.



Pig. 2

Determinarea relației ce trebue să existe între impedanțele circuitului, inclusiv impedanța aparatului de măsură, pentru ca valoarea indicată de aparat să nu depindă decât de una din componentele simetrice ale tensiunilor de alimentare.

Această metodă prezintă importante greutăți de calcul prin complexitatea relațiilor ce se obțin în cadrul ei.

De exemplu pentru circuitul din figura 2 se obține prin metoda directă a aplicării teoremelor lui Kirchhoff, un sistem de 6 ecuații cu 6 necunoscute. Rezolvând acest sistem se obține condiția căutată în forma unei fracții al cărei numărător este de gradul patru. Această situație face ca interpretarea rezultatului să fie dificilă și ca atare să fie greu de alcătuit filtre de componente simetrice.

4. O metodă de calcul a filtrelor de componente simetrice, de tensiune în cazul lipsei componentelor homopolare de tensiune. Plecăm dela următoarele observații.

Dacă tensiunea între două puncte A și B ale unui circuit liniar este nulă, atunci când sistemul este alimentat la un sistem de tensiuni simetric de succesiune inversă, rezultă că acest circuit constitue în raport cu punctele sale A și B un filtru ce permite măsurarea componentelor simetrice directe de tensiune.

Intr'adevăr, orice sistem de tensiuni de linie aplicat la un circuit liniar poate fi descompus, pentru calcul, într'un sistem simetric de succesiune directă și unul de succesiune inversă. Dacă sistemul de succesiune inversă dă o tensiune $U_{AB} = 0$, rezultă că tensiunea între A și B, este proporțională cu componenta simetrică de succesiune directă a sistemului de tensiuni aplicat.

In general, pentru un circuit linear alimentat la trei tensiuni de linie $\bar{U}_1$, $\bar{U}_2$, $\bar{U}_3$, avem :

$$\bar{U}_{AB} = \bar{\alpha}_1 \bar{U}_1 + \bar{\alpha}_2 \bar{U}_2 + \bar{\alpha}_3 \bar{U}_3$$

unde $\bar{\alpha}_1$, $\bar{\alpha}_2$, $\bar{\alpha}_3$, sunt valori constante.

Utilizând componentele simetrice avem :

$$\bar{U}_{AB} = (\bar{\alpha}_1 + a^2\bar{\alpha}_2 + a\bar{\alpha}_3)\bar{U}_d + (\bar{\alpha}_1 + a\bar{\alpha}_2 + a\bar{\alpha}_3)\bar{U}_i$$

notând

$\bar{\alpha}_1 + a^2\bar{\alpha}_2 + a\bar{\alpha}_3 = \bar{\alpha}_d$ și $\bar{\alpha}_1 + a\bar{\alpha}_2 + a\bar{\alpha}_3 = \bar{\alpha}_i$

obținem :

$$\bar{U}_{AB} = \bar{\alpha}_d \bar{U}_d + \bar{\alpha}_i \bar{U}_i.$$

Dacă sistemul de tensiuni $\bar{U}_1$, $\bar{U}_2$, $\bar{U}_3$, este simetric și de succesiune inversă, și $U_{AB} = 0$ avem respectiv $U_d = 0$ și $0 = \bar{\alpha}_i \dot{U}_i$ adică $\bar{\alpha}_i = 0$ rezultă relația :

$$\bar{U}_{AB} = \bar{\alpha}_d \bar{U}_d \qquad (5)$$

ceeace demonstrează teorema enunțată și reciproca ei.

Condiția ce trebue să o îndeplinească impedanțele unui circuit, pentru ca acesta să poată fi utilizat în raport cu două puncte ale sale A și B, ca filtru al componentelor simetrice — pentru tensiuni de linie — nu se referă la impedanțele ramurilor ce leagă punctele A și B.

Intr'adevăr condiția ce corespunde comportării ca filtru de componente simetrice pentru tensiuni de linie, este identică cu condiția ce exprimă că tensiunea între A și B este nulă, atunci când sistemul de tensiune aplicat este simetric și de succesiune inversă. Ultima condiție însă evident nu se referă la impedanțele ce leagă punctele A și B, deoarece prin acestea nu trece nici un curent atunci când $U_{AB} = 0$, și ca urmare, ori cum am varia aceste impedanțe starea electrică a sistemului nu se schimbă.

Rezultă următoarea metodă de calcul a filtrelor de componente simetrice ale tensiunilor de linie :

— Se consideră egală cu infinit sau cu zero (după cum este mai avantajos pentru calcul) impedanța ce leagă cele două puncte A și B.

— Se determină în ipoteza precedentă relația, dintre celelalte impedanțe ale circuitului, ce corespunde unei tensiuni $U_{ABO} = 0$, respectiv $I_{AB} = 0$, în cazul unor tensiuni de alimentare simetrice și de succesiune inversă.

Se determină tensiunea U_{ABO}, în ipoteza unei impedanțe $Z_{ABO} = \infty$, în cazul unor tensiuni aplicate simetrice și de succesiune directă, se calculează $K_0 = \frac{U_d}{U_{ABO}}$.

— Se determină tensiunea U_{AB} în cazul unei impedanțe $Z_{AB} = Z$, pe baza teoremei dipolilor activi

$$\bar{U}_{AB} = \frac{\bar{U}_{ABO}}{\bar{Z}_{AB} + \bar{Z}} \bar{Z}$$

unde $\bar{Z}_{AB}$ este impedanța filtrului, între punctele A și B — natural considerând impedanța liniilor egală cu zero.

Coeficientul de proporționalitate $\bar{K}$ definit de relația :

$$\bar{U}_d = \bar{K}\,\bar{U}_{AB} \quad \text{este} \quad \bar{K} = \bar{K}_0 \frac{\bar{Z} + \bar{Z}_{AB}}{\bar{Z}}.$$

5. **Aplicarea metodei de calcul expuse în cazul unor filtre studiate de P. L. Kalantarov.** Pentru circuitul din fig. 1 obținem considerând impe-

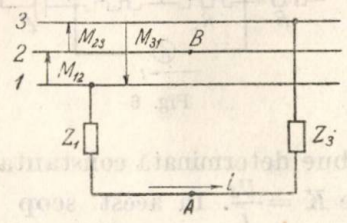


Fig. 3

danța voltmetrului egală cu infinit următoarea schemă :

— Luăm un sistem de tensiuni u_{12}, u_{23}, u_{31} simetric și de succesiune directă. Punând condiția $U_{AB} = 0$ obținem :

$$\bar{I}\bar{Z}_1 = \bar{U}_{12}\,; \quad \bar{I}\bar{Z}_3 = \bar{U}_{23}$$

care împreună cu relația $\bar{U}_{23} - a^2\bar{U}_{12}$ ne dau :

$$\bar{Z}_3 = a^2\bar{Z}_1 \,. \tag{6}$$

Relația (6) arată că sistemul din fig. 1 permite măsurarea componentelor simetrice, de același nume, ale tensiunilor u_{12}, u_{23}, u_{31}, ca și succesiunea corespunzătoare a impedanțelor considerate în ordinea fazelor (*1, 2, 3*).

Pentru determinarea constantei de proporționalitate $\bar{K}$ determinăm tensiunea U_{AB} pentru un sistem de tensiuni u_{12}, u_{23}, u_{31} simetric și de succesiune inversă, și în cazul unei impedanțe $Z = \infty$ avem :

$$\bar{U}_{ABO} = \bar{U}_{12} + \frac{\bar{Z}_1}{\bar{Z}_1 + \bar{Z}_3}\bar{U}_{31}\,; \quad \bar{U}_{31} = a^2\bar{U}_{12}$$

considerând relația (6) obținem :

$$\bar{U}_{ABO} = (1-a)\,\bar{U}_{12}$$

și însfârșit :

$$\bar{K} = \frac{\bar{U}_i}{\bar{U}_{AB}} = \frac{\bar{U}_{12}}{\dfrac{\bar{Z}}{\bar{Z} + \dfrac{\bar{Z}_1\,\bar{Z}_3}{\bar{Z}_1 + \bar{Z}_3}}(1-a)\bar{U}_{12}} =$$

$$= \frac{\bar{Z} + \dfrac{a^2\,\bar{Z}_1}{1+a^2}}{Z\,(1-a)}\,; \quad \bar{K} = \frac{1 - a\,\dfrac{\bar{Z}_1}{\bar{Z}}}{1-a^2}\,.$$

Aplicând metoda de calcul expusă în cazul circuitului din fig. 4 se obține o simplificare considerabilă a calculelor și în plus se relevă faptul că prin înlăturarea a două voltmetre și a unei ramuri, sistemul continuă să măsoare aceeași componentă simetrică a tensiunilor de linie.

— Considerând egală cu infinit impedanța voltmetrelor obținem : pentru un sistem de tensiuni u_{12}, u_{23}, u_{31} simetric și de succesiune directă și $U_{AB} = 0$, condiția ce trebue să o îndeplinească impedanțele circuitului pentru ca tensiunea U_{AB} să fie proporțională cu U_i

$$\bar{U}_{AB} = \bar{Z}_1'' \frac{\bar{U}_{12}}{\bar{Z}_1' + \bar{Z}_1''} + \bar{Z}_2'' \frac{\bar{U}_{23}}{\bar{Z}_2' + \bar{Z}_2''} = 0$$

adică

$$\frac{\bar{Z}_1''}{\bar{Z}_1' + \bar{Z}_1''} = -a\,\frac{\bar{Z}_2''}{\bar{Z}_2' + \bar{Z}_2''} \tag{8}$$

condiție ce este independentă de impedanțele z_3', z_3'' și care poate fi îndeplinită în particular pentru valori infinite a acestor impedanțe. Se obține schema mai simplă ce am considerat-o deja anterior în fig. 2.

Relația (8) pentru $z_1' = z_2' = z'$ și $z_1'' = z_2'' = z''$ este identică cu condiția dată de P.L. Kalantarov, pentru circuitul din fig. 4

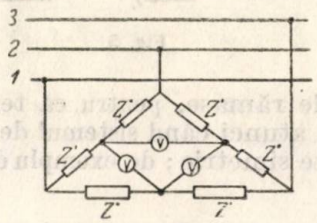


Fig. 4

$$\frac{\bar{Z}''}{\bar{Z}' + \bar{Z}''} = -a^2\,\frac{\bar{Z}'}{\bar{Z}' + \bar{Z}''}\,; \quad \bar{Z}'' = -a\,\bar{Z}'$$

sau

$$\bar{Z}'' = \bar{Z}'\,e^{j\frac{\pi}{3}}\,. \tag{9}$$

Constantele de proporționalitate respective sunt :

$$\bar{U}_{ABO} = \left(\frac{Z''}{Z' + Z''} + a\,\frac{Z'}{Z' + Z''}\right)\bar{U}_{12} = -a^2\,\bar{U}_{12}\,;$$

$$\bar{U}_{AB} = \bar{U}_{ABO}\,\frac{\bar{Z}_v}{\bar{Z}_v + 2\,\dfrac{\bar{Z}'\,\bar{Z}''}{\bar{Z}' + \bar{Z}''}}\,;$$

$$\bar{K} = -\left(a + \frac{2\,a}{1-a}\,\frac{\bar{Z}'}{\bar{Z}_v}\right) \tag{10}$$

expresia stabilită este valabilă pentru ambele scheme (fig. 4 și 2) dacă impedanțele celor trei voltmetre sunt egale între ele.

6. **Studiul unei noi categorii de filtre și stabilirea unui caz particular adecuat cerințelor practice.** Problema ce se pune din punct de vedere practic este aceea a găsirii unei scheme care să permită măsurarea componentelor simetrice de succesiune directă sau inversă, cât mai simplu și cât mai exact. Aceasta revine la a găsi un montaj simplu și format din elemente ușor de realizat. In ceeace privește exactitatea

măsurătorilor se impune în primul rând folosirea unor elemente liniare.

In cele ce urmează vom arăta că schema din fig. 2 permite realizarea unor cazuri particulare ce îndeplinesc toate condițiile enumerate mai sus.

Relația ce trebue să existe între impedanțele din schemă pentru ca tensiunea indicată de voltmetru să fie proporțională cu una din componentele simetrice ale sistemului de tensiuni u_{12}, u_{23}, u_{31}, o putem determina direct cu ajutorul metodei expuse în paragraful 4.

Condiția căutată este independentă de impedanța aparatului de măsură Z, deci o putem considera infinită și pentru calcul luăm circuitul din fig. 5.

Relația căutată o obținem ținând seamă că este identică cu relația ce trebue să existe între

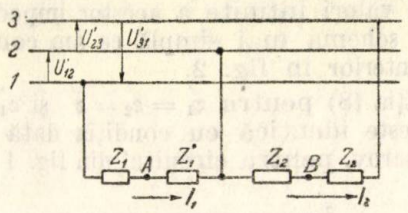


Fig. 5

impedanțele rămase, pentru ca tensiunea U_{AB} să fie nulă, atunci când sistemul de tensiuni u_{12}, u_{23}, u_{31}, este simetric ; de exemplu de succesiune inversă.

Pentru această ultimă relație avem :

$$\bar{U}_{AB} = \bar{Z}'_1 \bar{I}_1 + \bar{Z}_2 \bar{I}_2 = 0$$

sau

$$\bar{Z}'_1 \frac{\bar{U}_{12}}{\bar{Z}_1 + \bar{Z}'_1} + \bar{Z}_2 \frac{\bar{U}_{23}}{\bar{Z}_2 + \bar{Z}'_2} = 0$$

conform ipotezei $\dot{U}_{23} = a\,\dot{U}_{12}$ deci obținem :

$$\frac{\bar{Z}'_1}{\bar{Z}_1 + \bar{Z}'_1} = -\,a\,\frac{\bar{Z}_2}{\bar{Z}_2 + \bar{Z}'_2}. \qquad (11)$$

Relația (11) permite stabilirea unor cazuri particulare foarte convenabile ca realizare și calcul, anume :

$$\bar{Z}_1 = \bar{Z}'_1 = R. \qquad (12)$$

Relația (11) se mai poate exprima și prin :

$$1 + \frac{\bar{Z}_1}{\bar{Z}'_2} = -\,a^2\left(1 - \frac{\bar{Z}'_2}{\bar{Z}_2}\right);$$

$$\frac{\bar{Z}_1}{\bar{Z}'_1} + a^2\frac{\bar{Z}'_2}{\bar{Z}_2} - a = 0\,; \quad 1 + a^2\frac{\bar{Z}'_1}{\bar{Z}_2} - a = 0$$

$$\bar{Z}'_2 = \frac{a-1}{a^2}\bar{Z}_2\,; \quad \bar{Z}'_2 = (a^2 - a)\bar{Z}_2\,;$$

sau

$$\bar{Z}'_2 = -\,j\sqrt{3}\,\bar{Z}_2$$

dacă luăm $z_2 = r$ (13)

rezultă $\bar{Z}'_2 = -j\sqrt{3}\,r$, adică impedanța $\bar{Z}'_2$ trebue să fie formată dintr'o reactanță capacitivă

$$X_C = \sqrt{3}\,r. \qquad (14)$$

In concluzie, schema următoare permite măsurarea componentei simetrice directe a sistemului de tensiuni u_{12}, u_{23}, u_{31}.

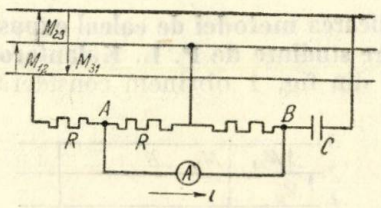


Fig. 6

Mai trebue determinată constanta de proporționalitate $K = \frac{U_d}{I}$. In acest scop considerăm un sistem de tensiuni u_{12}, u_{23}, u_{31}, simetric și de succesiune directă. In lipsa aparatului de măsură avem :

$$\bar{U}_{ABO} = \left(\frac{R}{R+R} + a^2\frac{r}{r - \sqrt{3}\,r\,j}\right)\bar{U}_d =$$

$$= \left(\frac{1}{2} + \frac{a^2}{2}e^{j\frac{\pi}{3}}\right)\bar{U}_d = \frac{1}{2}\left(1 + e^{-j\frac{\pi}{3}}\right)\bar{U}_d =$$

$$= \frac{\sqrt{3}}{2}e^{-j\frac{\pi}{6}}\,\dot{U}_d\,.$$

Conform teoremei dipolilor activi avem pentru intensitatea curentului din ampermetru :

$$\bar{I} = \frac{\bar{U}_{ABO}}{\bar{Z}_{eAB} + r_a}\,. \qquad (15)$$

Calculul impedanței circuitului în raport cu bornele A, B.

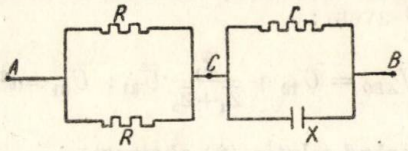


Fig. 7

$$\bar{Z}_{CB} = \frac{j\,x\,r}{r + j\,x} = \frac{x\,r}{x^2 + r^2}(x + jr)$$

$$\bar{Z}_{CB} = \frac{x\,r}{\sqrt{r^2 + x^2}}e^{j\,\mathrm{arctg}\frac{r}{x}}.$$

Pentru cazul studiat $X_C = \sqrt{3}\,r$, deci avem :

$$\bar{Z}_{CB} = \frac{-\sqrt{3}\,r^2}{\sqrt{r^2 + 3r^2}}e^{j\,\mathrm{arctg}\left(-\frac{1}{\sqrt{3}}\right)} =$$

$$= \frac{-\sqrt{3}\,r^2}{2\,r}e^{j\frac{5\pi}{6}}\,; \qquad \bar{Z}_{CB} = \frac{\sqrt{3}}{2}\,r\,e^{-j\frac{\pi}{6}} \qquad (16)$$

Impedanța Z_{eAB} se obține ușor pe baza reprezentării grafice a impedanțelor, în planul complex. Avem:

$$Z_{eAB} = \sqrt{\left(\frac{R}{2}\right)^2 + \frac{3}{4}r^2 + 2\frac{R}{2}\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}r\cos 30^0} =$$

$$= \frac{1}{2}\sqrt{R^2 + 3r^2 + 3Rr}$$

rezultă

$$Z_{eAB} = \frac{1}{2}\sqrt{R + 3r(R + r)\cdot} \qquad (17)$$

Impedanța $\overline{Z}_{eAB} + r_a = \overline{Z}_e$, ce condiționează intensitatea curentului I se obține dacă înlocuim în relația (17) R cu $R' = R + 2r_a$.

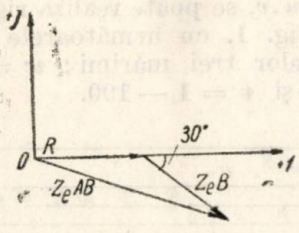


Fig. 8

Cu aceste rezultate se obține:

$$\overline{K} = \frac{\overline{U}_d}{\frac{\sqrt{3}}{2}e^{-j\frac{\pi}{6}}\cdot\overline{U}_d} = \frac{2}{\sqrt{3}}\overline{Z}_e e^{j\frac{\pi}{6}}$$

$$\overline{Z}_e$$

de unde

$$U_d = \frac{2}{\sqrt{3}}Z_e I\cdot \qquad (18)$$

Formula (18) prezintă un deosebit interes deoarece arată că pentru utilizarea unui ampermetru cu mai multe domenii de măsură și având impedanțe relativ mici față de Z_{eAB} factorul de proporționalitate K este practic constant. Acest considerent a dus la utilizarea unui ampermetru ca aparat de măsură în sistemul considerat.

Trebue menționat că sistemul găsit permite și măsurarea componentelor de succesiune inversă a unui sistem de tensiuni de linie. In acest scop este suficient să se inverseze legăturile a două faze.

7. **Exemplu de calcul al unui filtru.** Luând $R = 2400\ \Omega$; $C = 0{,}5\ \mu F$; $r_a = 200\ \Omega$ avem pentru $f = 50$ Hz:

$$X_c = \frac{1}{\omega c} = \frac{10^6}{314\cdot 0{,}5} = 6370\,\Omega\,;\quad r = \frac{X_c}{\sqrt{3}} = 3680\ \Omega$$

$$Z_{eAB} = \frac{1}{2}\sqrt{R + 3r(R + r)} =$$

$$= \frac{1}{2}\sqrt{2{,}4 + 3\cdot 3{,}68\cdot 6{,}08}\cdot 10^3 = \frac{8{,}53}{2}10^3$$

$$Z_{eAB} \cong 4270\ \Omega.$$

Pentru calculul lui Z_e considerăm $R' = 2400 + 2200 = 2800\ \Omega$

$$Z_e = \frac{1}{2}\sqrt{2{,}8 + 3\cdot 3{,}68\cdot 6{,}48}\cdot 10^3 =$$

$$= \frac{8920}{2} = 4460\,\Omega$$

ceeace arată că practic vom putea considera pentru acest ordin de mărimi

$$Z_e = Z_{eAB} + r_a\cdot \qquad (19)$$

Dacă instrumentul are ca limită inferioară de măsură 0,0006 A vom putea măsura componente simetrice ale tensiunilor de linie până la

$$U_d = \frac{2}{\sqrt{3}}4460\cdot 0{,}0006 = 3{,}1\ \text{V}$$

$$K = \frac{2}{\sqrt{3}}Z_e = 4950\,\Omega \text{ deci } U_d^v = 4950\,I^A\cdot$$

Evident că în cadrul acestei categorii de filtre se pot găsi și alte forme particulare. Deoarece filtrul prezentat corespunde pe deplin cerințelor practice, ne-am limitat la folosirea lui.

Bibliografie

1) *Kalantarov P. L.* și *Neuman*: Bazele teoretice ale electrotehnicii, 1951.
2) *Antoniu I. S.* prof.: Chestiuni speciale de electrotehnică. EES, 1953.

★

ВКЛАД В ТЕОРИЮ ФИЛЬТРОВ СИММЕТРИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ И ОТНОСИТЕЛЬНО ИЗМЕРЕНИЯ СИММЕТРИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ В СЛУЧАЕ ЛИНЕЙНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

Резюме

Фильтры симметрических составляющих широко используются в сетях современных энергетических систем, как для измерения состояния и рабочих режимов, так и для организации релейной защиты. В настоящей статье описывается система измерения симметрических составляющих напряжений промышленным прибором, который может легко применится в электрической сети.

RIGLE DE CALCUL SPECIALE PENTRU DETERMINAREA INDUCTANȚEI ȘI CAPACITĂȚII LINIILOR ELECTRICE AERIENE

Ing. PAUL MILITARU

Pentru efectuarea calculelor numerice, care intervin în activitatea tehnicienilor, se folosesc din ce în ce mai mult mijloacele auxiliare de calcul, cum sunt: construcțiile grafice, abacele, nomogramele și mașinile de calcul. Aceste mijloace auxiliare de calcul scutesc pe tehnicieni de calcule obositoare, repetate și economisesc forțe de muncă, lucrările de studii și proiectare putându-se astfel realiza într'un timp mai scurt.

Dintre mijloacele auxiliare de calcul, nomogramele joacă un rol important, fiind cele mai simple. Rezultatele se determină repede cu ajutorul acestor mijloace de calcul. Nomogramele pot fi întrebuințate și de tehnicieni cu calificare mai redusă, deoarece calculul cu ajutorul lor nu necesită cunoștințe speciale.

Un instrument de calcul înrudit cu nomograma este rigla de calcul, deoarece în principiu nu este decât o serie de nomograme adiționale cu scări logaritmice, cu ajutorul cărcia se pot efectua calcule de înmulțiri, împărțiri, ridicări la o putere oarecare, extrageri de rădăcini, etc. Rigla de calcul este folosită atât de mult de tehnicieni, încât a devenit un simbol al profesiunii de tehnician. Precizia calculelor cu ajutorul riglei de calcul este suficientă în majoritatea cazurilor, cu atât mai mult cu cât însăși datele de bază ale problemei de rezolvat sunt uneori aproximative, iar alteori rezultatele obținute trebuesc rotunjite la valori nominale.

Riglele de calcul speciale sunt proiectate și construite, ca și nomogramele de altfel, pentru rezolvarea problemelor cu o anumită relație de calcul. Utilizarea lor este foarte indicată acolo unde sunt necesare foarte multe calcule de acelaș fel. Față de abace și nomograme, folosirea riglelor de calcul speciale prezintă avantajele că rezultatele se pot obține mai repede și că întreg domeniul de variație a unei mărimi se poate observa bine. In afară de acestea, pentru efectuarea calculelor cu ajutorul acestor rigle, nu trebue să se traseze nici o linie ajutătoare cu creionul, așa cum este necesar de cele mai multe ori la abace și nomograme. Desavantajul riglelor de calcul speciale este că în anumite cazuri diferitele scări nu folosesc complect rigla, cu alte cuvinte, că întreaga riglă trebue executată de lungime mai mare pentru o singură scară care necesită un suport de lungime mai mare.

Riglele de calcul speciale sunt foarte puțin cunoscute la noi în țară, deși utilizarea lor ar prezenta avantaje în multe birouri de studii și proiectări. Pentru a explica construcția riglelor de calcul speciale, se va arăta în cele ce urmează cum se pot realiza astfel de rigle pentru calculul inductanței și capacității liniilor electrice aeriene.

Riglele de calcul speciale se bazează pe același principiu ca și riglele de calcul logaritmice obișnuite, anume adunarea geometrică de segmente gradate funcțional, de cele mai multe ori logaritmic. De exemplu pentru calcule conform relației $w = u.v$, se poate realiza rigla de calcul schițată în fig. 1, cu următoarele domenii de variație a celor trei mărimi: $w = 1 - 1000$; $u = 1 - 10$ și $v = 1 - 100$.

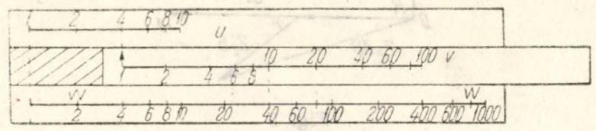


Fig. 1. Schița riglei pentru calcule cu ajutorul relației $w = u.v$.

Toate scările riglei sunt gradate logaritmic și au același modul *). In fig. 1 este arătat de asemeni un exemplu de calcul pentru valorile $u = 4$, $v = 10$ și $w = 40$, liniile trasate gros reprezentând segmentele de adunat din exemplu. Din aceiași figură se poate vedea că numai gradațiile mărimei w ocupă întreaga lungime a riglei (trei module) pe câtă vreme gradația mărimilor u și v ocupă numai parțial lungimea riglei (mărimea u un modul, iar mărimea v două module).

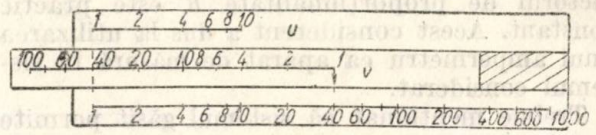


Fig. 2. Schița riglei pentru calcule cu ajutorul relației $w = u.v$. (cu scară reciprocă).

In fig. 2 este schițată o riglă de calcul cu scară reciprocă pentru calcule conform aceleiași relații: $w = u.v$.

Inductanța kilometrică pe fază a liniilor electrice aeriene de curent alternativ trifazic cu un singur circuit complect rotit este dată de relația cunoscută:

$$L = \left(4{,}6 \lg \frac{a_m}{r} + 0{,}5\right) \cdot 10^{-4} \qquad (1)$$

*) Modulul unei scări funcționale se numește lungimea segmentului cuprins între două diviziuni succesive, a căror diferență este egală cu unitatea.

în care : a_m este distanța medie între conductori;

r — raza conductorului.

Pentru realizarea unei rigle speciale pentru calculul inductanței, se consideră următoarele domenii de variație a mărimilor : $a_m = 0{,}4$ — — 8,0 m, $r = 2{,}0$ — 13,0 mm și $L = (0{,}8$—$1{,}7)$.

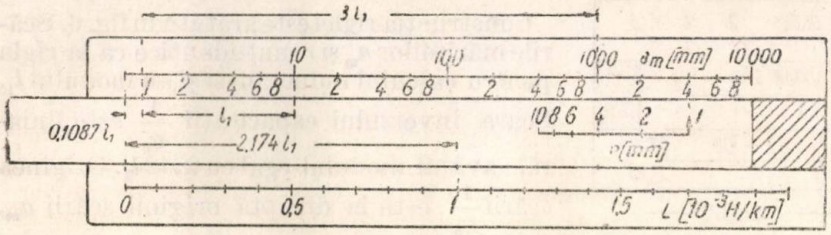


Fig. 3. Schița inițială a riglei speciale pentru calculul inductanței L. Pe schiță este dat un exemplu de calcul : $a_m = 4.000$ mm = 4 m; $r = 4$ mm; rezultă $L = 1{,}43 \times 10^{-3}$ H/km.

10^{-3} H/km, iar relația de calcul (1) se scrie sub forma :

$$10^4 L = 4{,}6 \lg a_m - 4{,}6 \lg r + 0{,}5$$

sau

$$2{,}174 \cdot 10^3 L + \lg r = \lg a_m + 0{,}1087 \quad (2)$$

Construcția riglei este arătată în fig. 3. Scările mărimilor a_m și r sunt gradate logaritmic, având același modul, fie l_1 cm. Scara inductanței L este liniară având modulul egal cu 2,714 l_1. Originea inductanței L este la stânga originei scării mărimei a_m, distanța între cele două puncte fiind 0,1087 l_1. Din fig. 3 se poate vedea că domeniile de variație a scărilor inductanței și distanței medii sunt mai largi decât este necesar. Pentru a se remedia acest neajuns și pentru a se îmbunătăți utilizarea riglei, i se aduc următoarele modificări (fig. 4) :

—scările se gradează numai în domeniile de variație necesare;

— scara distanței medii a_m se gradează în metri;

— originea scării inductanței L se deplasează spre dreapta cu distanța $l_1 \lg 2$, pentruca scara razei r să înceapă cu diviziunea 2.

Figura 4 arată schița riglei modificate în care este dat un exemplu de calcul. Modul de calcul

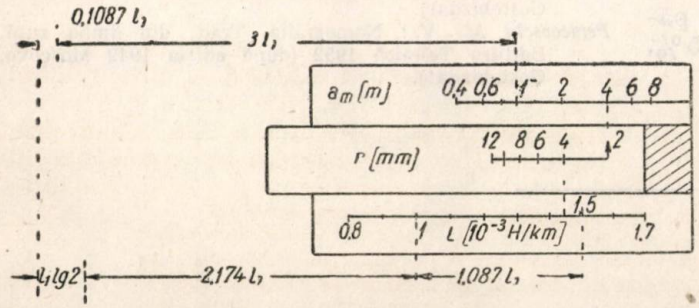


Fig. 4. Schița definitivă a riglei speciale pentru calculul inductanței L. Pe schiță este dat un exemplu de calcul : $a_m = 4$ m; $r = 4$ mm; rezultă $L = 1{,}43 \times 10^{-3}$ H/km.

cu această riglă este următorul : se așează săgeata în dreptul diviziunii care reprezintă valoarea distanței medii a_m (în exemplu $a_m = 4$ m) și în dreptul diviziunii reprezentând valoarea razei r (în exemplu $r = 4$ mm) se citește valoarea inductanței (în exemplu $L = 1{,}43 \times 10^{-3}$ H/km). Pentru a ușura folosirea riglei, se pot nota pe suporții paraleli cu suportul razei r valorile razelor conductorilor standardizați de cupru (STAS 687-49), de aluminiu (STAS 3032-52) și de oțel-aluminiu (STAS 3000 - 52) și pe un suport paralel cu suportul inductanței L valorile reactanței inductive pe kilometru de linie :

$$x = \omega L = 314\ L.$$

In formula inductanței (1) intervine distanța medie între conductori a_m dată de expresia :

$$a_m = \sqrt[3]{a_{12} \cdot a_{23} \cdot a_{31}}$$

care prin logaritmare devine :

$$3 \lg a_m = \lg a_{12} + \lg a_{23} + \lg a_{31}.$$

Pentru calculul distanței medii a_m se poate realiza o riglă de calcul specială cu ajutorul

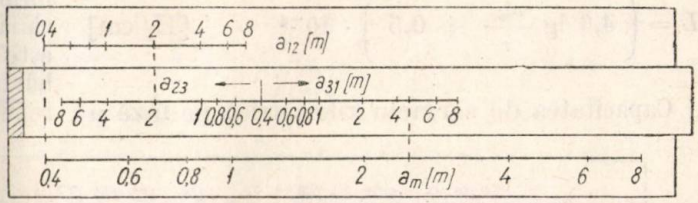


Fig. 5. Schița riglei speciale pentru calculul distanței medii între conductori a_m. Pe schiță este arătat un exemplu de calcul : $a_{12} = 2$ m; $a_{23} = 2$ m și $a_{31} = 4$ m; rezultă $a_m = 2{,}52$ m

căreia se poate efectua acest calcul mai ușor decât cu ajutorul unei rigle de calcul obișnuite. In fig. 5 este schițată această riglă, care are toate scările logaritmice. Modulele scărilor a_{12}, a_{23} și a_{31} sunt egale, iar modulul scării a_m este de trei ori mai mare decât al celorlalte scări. Domeniile de variație a celor trei mărimi reprezentate pe riglă sunt aceleași 0,4 — 8 m. Un exemplu de calcul cu această riglă este arătat în aceiași figură (fig. 5).

Inductanța kilometrică pe fază a liniilor electrice aeriene de curent alternativ trifazic cu dublu circuit, cu un ciclu complet de rotire, este dată de o relație asemănătoare cu relația (1) :

$$L = \left(4{,}6 \lg \frac{a_m \sqrt[3]{a'_m a''_m}}{r\ a_m} + 0{,}5 \right) \cdot 10^{-4} \quad (3)$$

în care :

$$a_m = \sqrt[3]{a_{12} \cdot a_{23} \cdot a_{31}}$$

$$a'_m = \sqrt[3]{a_{12'} \cdot a_{23'} \cdot a_{31'}} \qquad a''_m = \sqrt[3]{a_{11'} \cdot a_{22'} \cdot a_{33'}}.$$

1, 2, 3 reprezintă conductorii unui circuit, iar 1′, 2′ și 3′ reprezintă conductorii celui de al doilea circuit.

Distanțele medii a_m, a'_m și a''_m se pot calcula cu rigla specială din fig. 5. Calculul inductanței după formula (3) se poate face apoi cu rigla

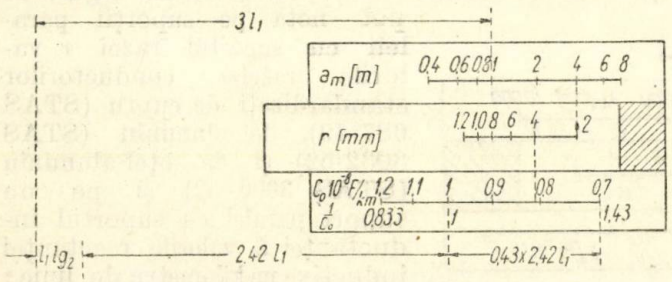


Fig. 6. Schița riglei speciale pentru calculul capacității de serviciu C_0. Pe schiță este dat un exemplu de calcul : $a_m = 4$ m ; $r = 4$ mm ; rezultă $C_0 = 0{,}806 \times 10^{-8}$ F/km.

specială, după ce s'a determinat cu ajutorul unei rigle obișnuite valoarea distanței medii echivalente :

$$a_{me} = \frac{a_m \, a'_m}{a''_m}$$

astfel ca relația (3) să devină identică cu (1) :

$$L = \left(4{,}6 \lg \frac{a_{me}}{r} + 0{,}5 \right) \cdot 10^{-4} \qquad [\text{H/km}]$$

Capacitatea de serviciu kilometrică pe fază a liniilor electrice aeriene cu un simplu circuit complet rotit este dată de relația :

$$C_0 = \frac{0{,}0242}{\lg \frac{a_m}{r}} \, 10^{-6} \qquad [\text{F/km}] \qquad (4)$$

In această relație s'a neglijat influența pământului, erorile nedepășind în acest caz 5%, ceace este admisibil.

Pentru realizarea unei rigle speciale pentru calculul capacității de serviciu, se consideră următoarele domenii de variație a mărimilor $a_m = 0{,}4 - 8$ m ; $r = 2{,}0 - 13{,}0$ mm ; $C_0 = (0{,}7 - 1{,}2) \cdot 10^{-8}$ F/km și se scrie relația (4) sub forma :

$$\frac{2{,}42}{10^8 \, C_0} = \lg a_m - \lg r \qquad (5)$$

Construcția riglei este arătată în fig. 6. Scările mărimilor a_m și r sunt identice ca la rigla pentru calculul inductanței și au modulul l_1. Scara inversului capacității $\frac{1}{C_0}$ este liniară, având modulul egal cu $2{,}42\, l_1$. Originea scării $\frac{1}{C_0}$ este la dreapta originii scării a_m, distanța între cele două puncte fiind $l_1 \cdot \lg 2$, pentruca săgeata de pe scara r să fie în dreptul diviziunii 2 (în loc de 1). Scara capacității C_0 este deci o scară reciprocă. Ca și la rigla pentru calculul inductanței, se poate ușura folosirea riglei pentru calculul capacității notând pe suporți paraleli cu suportul razei r valorile razelor conductorilor standardizați de cupru, aluminiu și oțel-aluminiu și pe un suport paralel cu suportul capacității valorile susceptanței capacitive $\omega C_0 = 314\, C_0$.

In fig. 7 se arată cum se poate executa cu mijloace simple din hârtie îndoită o riglă specială pentru calcul inductanței liniilor. Cursorul este înlocuit în acest caz printr'o teacă din hârtie de calc, pe care este trasată o linie de reper și care se poate deplasa în lungul riglei.

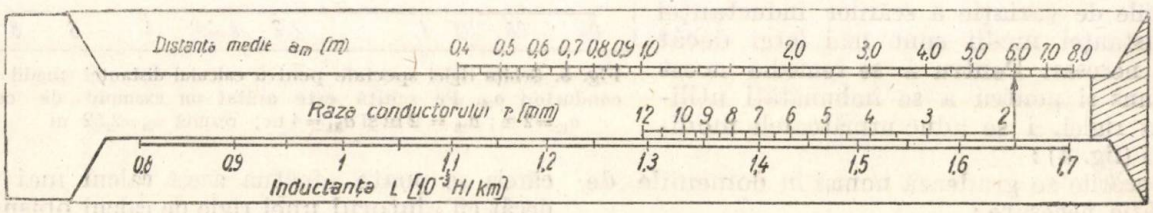


Fig. 7. Rigla specială pentru calculul inductanței liniilor executată din hârtie.

Bibliografie

Bloch W. : Rigle de calcul speciale (Spezialrechenschieber. Bull. ASE (1942), nr. 15, pag. 420—422.

Bezicovici I. S. : Calcule aproximative. Trad. din limba rusă, Editura Tehnică 1952 (după ediția 1949 Moscova, Gostehizdat).

Penicovschi M. V. : Nomografia. Trad. din limba rusă, Editura Tehnică 1952 (după ediția 1949 Moscova, Gostehizdat).

DISCUȚIE

ÎN JURUL INSTRUCȚIUNILOR PENTRU UTILIZAREA ALUMINIULUI ÎN INSTALAȚIILE ELECTRICE LA CONSUMATORI

Articolul 5 din capitolul I al instrucțiunilor Ministerului Energiei Electrice și Industriei Electrotehnice și ale Ministerului Construcțiilor, prevede ca în „instalațiile interioare de lumină și forță se vor folosi conductori de aluminiu izolați, începând dela secțiunea de 1,5 mm² în sus, în afară de instalațiile care urmează și unde se vor folosi numai conductori de cupru izolați".

Printre instalațiile exceptate la aliniatul f. figurează : instalațiile de legare la nul sau la pământ.

Să examinăm aplicarea acestor instrucțiuni la instalațiile electrice de forță și lumină în întreprinderile industriale. In cazul când aceste instalații sunt alimentate dela postul de transformare proprii, sub tensiunea secundară de 400/231 V., pentru protecție se întrebuințează legarea la nul.

A. **Instalațiile electrice de forță.** Conform articolului 5, capitolul I, al instrucțiunilor pentru alimentarea electro-receptorilor de forță, pentru faze, trebuesc folosiți conductorii de aluminiu, iar conform aliniatului f, pentru legarea la nul, numai conductori de cupru izolați.

In U.R.S.S., în instalațiile de forță pentru protecție se folosesc chiar țevile de gaz în care sunt trași conductori. Ing. Hromcenko G. E. din Institutul de Proectări al Industriei grele arată, în Nr. 4 din 1953 al revistei „Promâșennaia Energhetica", că, în urma unor cercetări și studii făcute în diferite ateliere, în cele mai grele condiții, la instalațiile electrice în țeve de gaz, s'a dovedit că îmbinarea țevilor de gaz prin mufe cu filet, în cazul când strângerea se face bine, oferă un contact electric sigur, și din această cauză, țevile de gaz pot fi utilizate fără nici un fel de șuntări pentru protecția prin legare la nul.

S'a propus să se folosească și la noi în acest scop tuburile Panzer. Continuitatea electrică a tuburilor Panzer trebue să fie asigurate pentru că în orice caz, aceste tuburi trebue să fie legate la nul chiar dacă pentru protecție s'ar întrebuința al patrulea conductor.

In U.R.S.S., în ultimul timp, se întrebuințează pe o scară largă țevi de oțel cu pereții subțiri (similare cu Panzer), folosind aceste țevi pentru legarea la nul.

Numai pentru centuri de legare la nul se întrebuințează oțel lat sau rotund montat separat.

In consecință, aliniatul f. trebue revizuit și propunem următoarea redactare :

In instalațiile electrice industriale de forță, pentru legare la nul, se vor folosi de preferință țevi de gaz sau tuburi Panzer, în care sunt trași conductori, oțel lat sau rotund și numai în cazuri excepționale conductori de cupru și anume în instalații electrice în tuburi Bergman sau Peschel atunci când nu se poate folosi oțel lat sau rotund.

B. **Instalațiile electrice de lumină.** In instalațiile electrice de lumină, industriale, protejate prin legarea la nul, toate părțile metalice ale corpurilor de iluminat, ale aparatajului, ale tablourilor, etc., izolate de părțile metalice sub tensiune, trebuesc legate la nul. (Subliniem că, în general, nu s'a acordat atenția cuvenită problemei protecției contra atingerilor accidentale în instalațiile electrice de iluminat, și astfel se explică că corpurile noastre de iluminat, tip atelier, nu au un contact pentru legarea la nul sau la pământ. Sperăm că acestei probleme se va găsi o rezolvare în cel mai scurt timp).

In cazul întreruperii conductorului de nul, părțile metalice ale corpurilor de iluminat se vor afla puse sub tensiune fără ca în corpul de iluminat să se fi produs vreun defect, ceeace înseamnă că în loc de protecție, din contra, noi punem — pur și simplu — părțile metalice sub tensiunea de 220 V.

Invers, când continuitatea conductorului de nul este asigurată, părțile metalici normal izolate puse sub tensiune, se deconectează prin arderea siguranței.

Din cele arătate rezultă cât de importantă este continuitatea conductorului de nul care, pe lângă protecție servește și la transportul de energie electrică, și dece în proectul nostru de regulament pentru instalațiile electrice se interzice în astfel de instalații montarea siguranțelor la conductorii de nul.

După Epanești nicov și Reabov „Iluminatul electric în întreprinderile industriale" și după Corolicova „Securitatea instalațiilor electrice" este chiar necesar să se facă o legătură separată dela clema de legare la nul până la locul cel mai apropiat unde se poate face o legătură sigură la conductorul de nul, de exemplu în doză.

Alimentarea circuitelor de lumină monofazate, se face printr'un conductor de fază care după art. 5 din capit. I al „Instrucțiunilor" trebue să fie din aluminiu și printr'un al doilea conductor care servește la transportul de energie și pentru legarea la nul și care conform aliniatului f, și a celor expuse mai sus trebue să fie din cupru.

Folosirea însă a doi conductori, unul de cupru și altul de aluminiu, nu este rațională din mai multe motive.

Propunem ca, printre instalațiile exceptate să se prevadă și instalațiile electrice de lumină din întreprinderile industriale cu protecția prin legarea la nul unde se vor folosi exclusiv conductorii de cupru.

Ing. A. RITTENBERG

R E C E N Z I E

V. A. Kuţenov şi *E. O. Steinhaus* : „Problemele proiectării tehnico-economice a marilor uzine hidroelectrice în sisteme energetice" Gosenergoizdat, Moscova, 1953.

In această carte se expun problemele principale de proiectare tehnico-economică a uzinelor hidroelectrice în sisteme energetice. Se acordă o atenţie deosebită următoarelor probleme : proiectarea balanţelor energetice şi electroenergetice, metode de determinare a schemelor de utilizare energetică şi a parametrilor principali ai uzinelor hidroelectrice, regimurile cele mai favorabile de funcţionare a UHE în sistem şi indicii tehnico-economici ai centralelor termoelectrice şi uzinelor hidroelectrice.

In lucrare se dă un bogat material documentar în legătură cu problemele de proiectare tehnico-economică a uzinelor hidroelectrice.

Cartea este întocmită la un nivel înalt şi se adresează inginerilor energetici şi energetici-economişti din institutele de proiectare.

Lucrarea este împărţită în şase capitole ; funcţiunile energetice ale uzinei hidroelectrice mari în sistemul energetic ; schemele de utilizare a UHE în diverse sisteme electroenergetice ; probleme de bază în construirea balanţelor energetice de perspectivă ale raioanelor, în cazul proiectării marilor UHE ; indici de calcul şi regimurile de consum a energiei în diversele ramuri economice ale raionului ; metoda de determinare a parametrilor şi regimurilor UHE reglabile în sistemul electroenergetic şi indicii tehnico-economici în construcţia şi exploatarea instalaţiilor energetice.

Primul capitol se ocupă de uzina hidroelectrică şi sistemul electroenergetic, de funcţiunile energetice ale UHE în sistemul energetic şi de puterea şi producţia UHE, arătându-se încadrarea posibilă a UHE în sistemul energetic. Tot aici se arată rolul UHE ca regulator al frecvenţei din sistem, dându-se date experimentale în legătură cu studiul procesului de reglaj al frecvenţei, influenţa scăderii frecvenţei asupra funcţionării utilajului din centrală, mărimea rezervei reglabile din sistem şi repartiţia acestei rezerve în centralele sistemului etc. Tot în această parte se tratează rezerva de avarii din sistemul energetic, diverse aspecte ale rezervei de putere la marile UHE şi caracteristicile energetice principale ale UHE.

Capitolul II, tratează probleme în legătură cu particularităţile desvoltării schemelor de utilizare energetică a uzinelor hidroelectrice, caracteristicile diverselor scheme de utilizare energetică a UHE considerând cazurile când UHE funcţionează izolat sau împreună cu o centrală termoelectrică, influenţa parametrilor sarcinei sistemului asupra determinării puterii UHE, efectul de suprapunere a maximelor de sarcină, economia rezervei de putere în cazul sistemelor reunite şi avantagiile principale în cazul folosirii unei UHE mari într'un sistem interraional.

Capitolul III, se referă la influenţa energeticei asupra amplasării întreprinderilor industriale, indicii caracteristici ai unor serii de industrii, clasificarea energoeconomică a diverselor tipuri de industrii, indici tehnico-economici caracteristici pentru folosirea resurselor energetice de către diverse industrii chiar pe locul unde se găsesc resursele, metoda de construcţie a balanţei energetice şi criteriile principale pentru determinarea eficacităţii acesteia precum şi metoda de alegere a celor mai raţionali purtători de energie, în proiectarea UHE.

In capitolul IV se analizează probleme în legătură cu nivelul de desvoltare al economiei naţionale metoda de determinare a consumului de energie din industrie şi indicii tehnico-economici de desvoltare a electroenergeticei din U.R.S.S. Deasemenea se dau indicii tehnico-economici ai centralelor electrice de termoficare, metode de calcul a consumului de energie în economia urbană, metoda de determinare a normelor de consum de energie la electrificarea transporturilor pe căile ferate şi caracteristica regimurilor de consum de energie electrică.

Capitolul V, se ocupă de metodele de alegere a parametrilor uzinei hidroelectrice, metodele folosite pentru calculul economic în comparaţia variantelor, despre alegerea asigurării de calcul a puterii UHE, despre planul energetic al UHE şi despre regimul funcţionării concomitente a UHE cu centrale termoelectrice în sisteme energetice şi distribuţia economică a sarcinei între aceste centrale. Se analizează deasemeni condiţiile altor categorii de consumatori de apă înafara UHE precum şi problemele distribuţiei investiţiilor între aceşti consumatori.

In ultimul capitol care este şi cel mai desvoltat (cuprinzând aproape o treime din volumul lucrării) se tratează o serie întreagă de probleme în legătură cu instalaţiile energetice principale de care se ţine seama în calculele tehnico-economice, indici tehnico-economici pentru producerea combustibililor, structura investiţiilor şi structura cheltuielilor de exploatare actuale necesare pentru extragerea combustibilului, se dau indici tehnico-economici pentru prima prelucrare a combustibilului, clasificarea metodelor de prelucrare prealabilă a combustibilului, indicii tehnico-economici în construcţia şi exploatarea cazanelor valorile caracteristice ale coeficienţilor, indicii de cost care intră în formulele pentru determinarea investiţiilor în cazane şi influenţa tipului de combustibil asupra investiţiilor în cazane. Deasemeni se dau indicii tehnico-economici în construcţia şi exploatarea centralelor termo-electrice şi formulele de calcul a investiţiilor în CTE, după Teploelectroproiect şi E. O. Steinhaus. Tot aici se dau formulele de calcul a preţului de cost al energiei şi a cheltuielilor anuale de exploatare pentru CTE de condensaţie. In continuare se dau indicii tehnico-economici în construcţia uzinelor hidroelectrice, indicii tehnico-economici pentru transportul combustibilului şi a energiei, generalizarea indicilor tehnico-economici pentru producerea şi transportul diverselor tipuri de energie precum şi indicii tehnico-economici de utilizarea resurselor energetice pe raioane.

Anexa conţine un tabel foarte util cu consumurile specifice de energie din diversele industrii.

Prin apariţia versiunii româneşti a acestei lucrări care se aşteaptă în decursul acestui an se va pune la dispoziţia inginerilor de specialitate o preţioasă şi importantă sursă de documentare tehnică.

Ing. *V. Cozelciuc*

INDICAŢIUNI PENTRU AUTORI

Redacţia roagă autorii să ţină seamă la întocmirea manuscriselor, de următoarele:

1. Subiectele trimise spre publicare să fie în strânsă legătură cu sarcinile concrete ale Planului Cincinal şi ale Planului de Electrificare şi să reflecte munca şi realizările dela locul de producţie, precum şi însuşirea experienţei şi tehnicei sovietice.

2. Tratarea subiectelor să fie făcută la un nivel ştiinţific şi tehnic ridicat cu consultarea literaturii sovietice de specialitate şi într'un stil clar, sobru şi concis, evitându-se repetările inutile.

3. Se vor respecta regulile ortografice ale Academiei R.P.R., iar notaţiile şi termenii tehnici să fie în concordanţă cu standardele în vigoare.

4. Expunerea să nu depăşească în general 10 — 12 pagini dactilografiate.

5. Articolele să fie scrise la maşină, în dublu exemplar, pe o singură faţă a hârtiei, la două rânduri, cu o margine în stânga de 5 cm, iar corecturile după dactilografiere să fie executate cu cerneală, pe ambele exemplare. In mod excepţional articolele vor putea fi scrise şi de mână, însă numai cu cerneală, foarte citeţ şi tot pe o singură faţă a hârtiei.

6. Articolele să fie însoţite de un rezumat de aproximativ 10 rânduri.

7. Articolele să fie însoţite de desene, grafice şi fotografii; numărul lor să fie numai cel strict necesar înţelegerii textului.
Desenele să fie executate în tuş negru, pe hârtie de calc, respectându-se normele STAS. In cazul când în mod excepţional vor fi executate cu creionul, desenele să fie curate şi clare. Indicaţiile sau notaţiile de pe desene vor fi scrise citeţ. Fotografiile vor fi clare având dimensiunile de cel puţin 9 × 12 cm.
Desenele, graficele şi fotografiile trebue trimise odată cu articolul, dar nu lipite pe manuscris, ci separat, adăugându-se şi o listă a lor, care să cuprindă neapărat legendele respective.
Fiecare desen sau fotografie va purta un număr de ordine corespunzător cu cel menţionat în text. In textul articolului se va arăta locul figurilor.

8. Formulele să fie scrise de mână, cu cerneală şi foarte citeţ. Indicii să fie scrişi mai jos, iar exponenţii mai sus; şi unii şi ceilalţi, mai mici decât simbolurile.

9. Tabelele care vor sintetiza rezultatele cercetărilor să fie explicate şi să se indice unităţile de măsură în care sunt alcătuite. Unităţile de măsură străine vor fi transformate în cele metrice.
Titlurile rubricilor se vor scrie complet, fără prescurtări. Conţinutul tabelelor va fi scris cu cea mai mare atenţie pentru a se evita strecurarea erorilor.

10. Autorii sunt obligaţi ca la finele articolelor să indice bibliografia utilizată. Această indicare se va face în modul următor:
Pentru tratate: numele autorului, titlul lucrării, localitatea şi editura, anul apariţiei, volumul, pagina.
Pentru periodice: numele autorului, titlul revistei, n-rul, anul, pagina.

11. Toate articolele vor fi semnate de autor. Autorii vor indica totodată, citeţ, numele şi pronumele complet, adresa, instituţia unde lucrează şi numerele de telefon spre a li se putea face comunicări în caz de nevoie, precum şi domiciliul şi circumscripţia financiară pentru a li se putea remite drepturile de autor.

12. Articolele care tratează rezultate de cercetări sau realizări vor purta viza instituţiei respective.

13. In cazul când li se trimit corecturile, autorii sunt obligaţi să le restitue în termen de maximum 24 ore, neadmiţându-se nicio modificare faţă de manuscris.

14. Remunerarea articolelor şi a desenelor se face după apariţie potrivit tarifului în vigoare.

ABONAMENTELE

SE PRIMESC LA TOATE OFICIILE POŞTALE DELA ORAŞE ŞI SATE, PRIN FACTORI POŞTALI, PRIN PROPAGANDIŞTI, PRECUM ŞI LA SECŢIILE RAIONALE DE DIFUZARE A PRESEI

Tarif pentru întreprinderi — *LEI 96 anual*

Tarif pentru muncitori, tehnicieni, ingineri — *LEI 30 anual*

E 2039

Institut. de Documentare Tehnică
BUCUREŞTI
OBMEH - CSERE
VYMENA - WYMIANA
TAUSCH - CAMBIA

KAT

ENERGETICA

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

REFERATIVA

3

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

1954

ENERGETICA

Apare lunar sub îngrijirea unui Comitet de Redacţie

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Anul II ★ Martie 1954 ★ Nr. 3 Redacţia: Bucureşti, B-dul 1848 Nr. 10 ★ Tel. 3.07.30 3.57.28

SUMARUL

Pag.

N. C. Popescu: Factorii principali care determină alegerea locului de construcţie a unei centrale termoelectrice 93

C. Moţoiu: Funcţionarea motoarelor Diesel cu combustibil gazos 98

A. Avramescu: Influenţele viscolului asupra exploatării reţelelor electrice 109

C. I. Penescu: Sincronizarea automată a generatorilor sincroni 116

C. Şora: Determinarea locului şi felului defectelor pe linii, prin metoda impulsiilor 126

Discuţii: Pe marginea articolului: „Noile concepţii sovietice în clasificarea cărbunilor şi aplicarea lor în R.P.R.“ 136

RECENZIE 137

Plan tematic al Revistei „Energetica“ pe anul 1954 138

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Н. К. Попеску: Основные факторы, определяющие выбор строительной площадки ТЭС 93

К. Моцою: Работа дизельных двигателей на газообразном топливе 98

А. Аврамеску: Влияние метели на эксплоатацию электрических сетей 109

К. Пенеску: Автоматическая синхронизация синхронных генераторов 116

К. Шора: Определение места и рода повреждения линии импульсным методом 126

Дискуссии: О статье: Новые советские концепции о классификации угля и о применении их в РНР 136

РЕЦЕНЗИИ 137

Тематический план журнала „Энергетика“ на 1954 год 138

FACTORII PRINCIPALI CARE DETERMINĂ ALEGEREA LOCULUI DE CONSTRUCȚIE A UNEI CENTRALE TERMOELECTRICE

Ing. NICOLAE C. POPESCU

Országos Műszaki Könyvtár MADONA

Considerentele și datele aci expuse au rezultat în timpul colaborării cu specialiștii sovietici la alegerea locurilor de construcție pentru primele centrale termoelectrice realizate și în curs de realizare în cadrul planului de electrificare a țării și din studiul corespunzător al literaturii sovietice de specialitate.

Dezvoltarea rapidă a instalațiilor energetice impusă de starea precară în care au fost lăsate acestea în țara noastră de regimurile burghezo-moșierești, precum și nevoile crescînde de energie ale industriilor, au pus în fața specialiștilor energeticieni probleme noi, în legătură cu construirea rațională de centrale termoelectrice. Una din aceste probleme este alegerea locului de construcție a centralei electrice, deoarece amplasarea judicioasă și corespunzătoare determină în foarte mare măsură siguranța în exploatare și condițiile economice de funcționare a centralei. Soluționarea acestei probleme complexe tehnico-economice depinde de următorii factori principali.

1. **Distanța pînă la consumatorii principali de energie electrică și termică.** In principiu, centralele electrice, în special cele de termoficare, trebuie să fie așezate în apropierea centrului de consum al energiei. In cazul centralelor electrice de condensație, apropierea de centrul de consum nu prezintă importanță prea mare, deoarece transportul energiei electrice se poate face la tensiunea de 110 sau 220 kV, astfel că alegerea locului de construcție a unei asemenea centrale nu este influențată aproape deloc de condițiile de transport a energiei. Această alegere este condiționată în primul rînd de apropierea sursei de alimentare cu combustibil și apă industrială.

Altfel se prezintă situația la centralele electrice de termoficare, la care trebuie ținut seama de distanțele foarte limitate de transport a energiei termice precum și de condițiile procesului tehnologic și sursele de materii prime ale consumatorilor industriali.

Arătăm mai jos distanțele medii și limitele de transport a energiei electrice în funcție de unele puteri și tensiuni stabilite pe baza factorilor de natură pur electrică sau mecanică, fără a ține seama de factorii economici.

Puterea MW	Tensiunea kV	Distanța medie de transport km	Limita de transport km
Pînă la 25 . .	6—10	1— 15	20
3—30	35	15—20	50—60
30—50	110	100	150
50—150	220	150—250	300

Distanțele de transport ale energiei termice sunt mult mai reduse. Astfel, conductele de abur industrial nu pot avea o lungime mai mare de 4 km și în general se mențin între 1 și 2,5 km. Este recomandabil ca distanța între centrala electrică de termoficare și consumator să fie cuprinsă între 0,5 și 1,5 km. In ceeace privește transportul apei calde, avînd în vedere posibilitatea de a mări presiunea prin instalarea de pompe speciale, distanța de transport poate fi mai mare și anume de ordinul 10—12 km, fără a se exclude însă și distanțe mai mari în anumite condiții. In stadiul actual al tehnicei distanțele de transport ale apei calde nu depășesc însă în mod curent 4—5 km, rareori 6—8 km.

In consecință, alegerea locului de construcție pentru centrale electrice de termoficare, care să satisfacă totodată și condițiile unui amplasament convenabil din punct de vedere al poziției față de sursa de combustibil, disponibilităților de apă de răcire și al poziției față de consumatorii mari ai sistemului energetic, prezintă în general dificultăți mari. Pentru soluționarea acestei probleme complexe vor trebui examinate pe bază de considerente tehnico-economice, în primul rînd posibilitățile de concentrare a consumatorilor industriali în apropierea centralei electrice de termoficare regionale, situată convenabil din punct de vedere energetic.

Dacă această condiție nu este realizabilă din motive tehnico-economice privind procesul tehnologic, sursele de materii prime sau alte considerente în legătură cu întreprinderea industrială consumatoare de energie termică, atunci se va căuta amplasarea centralei electrice de termoficare regională și a consumatorilor industriali într'o regiune care să ofere condiții potrivite pentru centrala electrică cît și pentru industrie.

Numai în cazul cînd soluțiile de mai sus nu sînt posibile, se va recurge la construirea unei centrale electrice de termoficareproprii industriale, căutînd — bineînțeles — a se grupa în apropiere pe cît posibil și alte industrii, pentru asigurarea unui consum cît mai mare de energie termică.

2. **Sursa de alimentare cu apă.** Cantitatea și calitatea apei necesară pentru răcirea condensatorilor și alimentarea cazanelor de abur, precum și sistemul de răcire ce urmează să fie adoptat, au o deosebită importanță și influențează în mare măsură asupra alegerii locului de construcție a centralei electrice.

Cantităţile de apă necesare pentru scopuri tehnologice în special la centralele electrice mari de condensaţie, sînt foarte importante. In cazul alimentării în circuit deschis, numai pentru răcirea condensatorilor, răcitorilor de aer şi ulei, aceste cantităţi variază dela circa 1000 m^3/h pentru un grup turbo-generator de 3000 kW pînă la circa 10 000 m^3/h pentru grupuri de 50 000 kW. La acest consum se mai adaogă cantităţile de apă necesare pentru răcirea lagărelor, instalaţiilor auxiliare şi a compresorilor, pentru alimentarea cazanelor de abur, complectarea pierderilor de abur, evacuarea hidraulică a cenuşei sau alte instalaţii speciale, specifice condiţiilor în care lucrează centrala electrică.

Atunci cînd sursele de alimentare cu apă sînt insuficiente, acest consum poate fi redus prin adoptarea răcirii în circuit închis. In acest caz, consumul de apă necesară pentru acoperirea pierderilor reprezintă, la turnuri de răcire 3—5%, la bazinele de stropire 5—7% şi la lacurile de răcire 1—2% din cantitatea apei de circulaţie.

Pentru răcirea lagărelor instalaţiilor auxiliare, răcirea compresorilor etc., consumul de apă variază în funcţie de mărimea grupurilor şi felul instalaţiilor. In medie, acest consum se ridică la 10—15 m^3/h. Cantitatea de apă necesară pentru evacuarea pe cale hidraulică a sgurii şi cenuşii, reprezintă un multiplu de 12—20 al cantităţii de sgură şi cenuşă evacuată, fiind în funcţie de sistemul de evacuare. Şi aici, pentru reducerea consumului de apă poate fi utilizată răcirea în circuit închis, pierderile ridicîndu-se în acest caz la 25—30% din cantitatea apei de circulaţie.

Pentru centralele eletrice cu condensaţie, în cazul alimentării în circuit închis cu apă, se poate admite un consum aproximativ de 15 pînă la 17 kg apă pe kWh produs, inclusiv consumul pentru alimentarea cazanelor.

La acest consum se mai adaugă apa necesară pentru stingerea incendiilor, care se ridică la circa 50 l/s, apa necesară pentru scopuri menajere şi pentru băut reprezentînd circa 120 l/zi de fiecare locuitor al coloniei şi în fine, circa 2% din apa care circulă în reţeaua de termoficare, pentru acoperirea pierderilor acestei reţele.

Calitatea apei este deosebit de importantă în special pentru alimentarea cazanelor de abur. Pentru a nu mări cheltuielile de exploatare din cauza complexităţii instalaţiilor de epurare, duritatea apei nu trebue să depăşească circa 8° germane. In ceeace priveşte apa de răcire, practic poate fi întrebuinţată apa de orice calitate, inclusiv apa de mare.

Problema calităţii apei prezintă o importanţă deosebită la cercetările ce se fac pentru alegerea locului de construcţie a centralei electrice.

Ca surse de alimentare cu apă pot servi rîurile, lacurile şi pînzele de apă subterane, sursa cea mai răspîndită fiind rîurile. La calculul instalaţiilor hidrotehnice trebue ţinut seama de variaţia debitului rîurilor, atît în cursul anului cît şi în cursul anilor. Pentru calculul instalaţiilor hidrotehnice de captare a apei, prezintă o importanţă mare atît perioadele de secetă cît şi apele mari excepţionale. In consecinţă, pentru determinarea debitului unui rîu trebuie efectuate observaţii hidrologice de lungă durată, dacă nu există asemenea observaţii anterioare. Trebuie avut în vedere că de multe ori, rîurile cu o suprafaţă de recepţie şi debit anual mare, nu pot asigura în perioadele de secetă cantitatea de apă necesară, deoarece aproape 80% din cantitatea de apă se scurge în timpul apelor mari de primăvară. In asemenea cazuri se recurge la amenajarea de baraje şi acumulări de apă. In cazul cînd nu există sursă de alimentare cu apă de suprafaţă, sînt utilizate apele subterane, ale căror debite însă, nu permit răcirea în circuit deschis. Pînzele de apă subterană, care pot fi luate în considerare pentru nevoile centralei, sînt cele dela adîncimea primului strat impermeabil şi apele arteziene. Apele dela o mică adîncime a solului nu sînt utilizate, întrucît nu sînt curate şi sursele lor au o capacitate foarte mică, iar cele de adîncime mare se utilizează foarte rar, din cauza dificultăţilor de extracţie a lor la suprafaţă.

După cum am arătat mai sus, uneori cantităţile de apă necesare pentru răcire la centralele electrice de condensaţie de putere mare sînt foarte mari şi nu totdeuna pot fi asigurate de sursele disponibile pentru răcire în circuit deschis. In aceste cazuri se recurge la răcirea în circuit închis, care poate fi realizată cu ajutorul turnurilor de răcire, bazinelor de stropire şi lacurilor de răcire. Faţă de turnurile de răcire bazinele de stropire au pierderi de apă mai mari, necesită suprafaţa terenului aproximativ de 2—2,5 ori mai mare, costul lor este însă ceva mai mic. In ceeace priveşte lacurile de răcire, amenajarea acestora este posibilă numai în anumite condiţii topografice favorabile ale regiunii. Pe de altă parte, condiţiile geologice trebue să asigure pierderi cît mai mici prin infiltraţiuni, iar cele hidrologice să asigure alimentarea lacului cu cantităţile de apă necesare, ţinînd seama şi de evaporarea sub acţiunea căldurii solare şi a vîntului. Amenajarea unor asemenea lacuri este foarte costisitoare şi de aceea sînt utilizate în special în cazurile cînd lipsa de apă este foarte acută şi cînd în orice caz este necesară amenajarea acumulărilor apelor de primăvară. Lacurile de răcire, dacă sînt bine dimensionate, funcţionează satisfăcător, nu au însă efectul de răcire al sistemelor în circuit deschis, aceasta în special în timpul verii, cînd temperatura apei în lacuri se ridică la peste 30° C.

Din punct de vedere al perfecţiunii răcirii şi funcţionării economice a centralei electrice, răcirea în circuit deschis este de preferat. Posibilităţile de realizare ale acesteia sînt însă limitate prin faptul că rîurile în perioadele secetoase trebue să aibă un debit minim suficient pentru nevoile de răcire ale centralei, ţinînd seama că fără amenajarea de baraje constisitoare

nu poate fi captat debitul întreg al rîului. Înălțimea de pompare și aducțiunea limitează de asemenea posibilitățile de utilizare a sistemului de răcire în circuit deschis. In general, pentru apreciere aproximativă se consideră că la o înălțime de refulare mai mare de 20 m și o aducțiune de o lungime care depășește 1,5 km, răcirea în circuit deschis devine neeconomică.

3. **Sursa de combustibil și transportul acestuia.** In general, centralele electrice mari—în special cele cu condensație — se amplasează în imediata apropiere a zăcămîntului combustibilului care se va utiliza la aceste centrale.

Centralele care întrebuințează combustibili cu un conținut mare de cenușă (lignitul, cărbunele brun), vor trebui așezate cît mai aproape de locul de extracție, de preferință la distanțe sub 30 km, pentru a putea transporta combustibilul sau cu funicularul, sau pe calea ferată îngustă, care deservește și minele respective. Cărbunele de putere calorifică mai mare poate fi transportat pe cale ferată, la distanțe mai mari, pînă la 150—200 km, dar și în cazul utilizării acestui combustibil trebuie căutată amplasarea centralei cît mai aproape de zăcămînt.

Centralele care utilizează gazele sau păcura trebuie amplasate în limita posibilităților cît mai aproape de regiunea sondelor.

Atît modul de transport al combustibilului, cît și distanțele raționale de transport vor trebui să fie stabilite totdeauna prin calcule tehnico-economice.

Cantitățile de combustibil ce se transportă la o centrală electrică sînt foarte mari și se ridică la o centrală electrică mare de 100 MW care utilizează lignitul, pînă la 700—800 mii tone pe an. Deaceea, la alegerea locului pentru construcția unei centrale electrice noi se va ține seama de stația feroviară cea mai apropiată. Lungimea racordului trebuie să fie pe cît posibil mai mică și să nu depășească 2—4 km. Aceasta atît pentru a micșora cheltuielile de investiții, cît și mai ales pentru a scurta termenul de execuție a racordului, care este necesar și în perioada de construcție a centralei pentru transportul materialelor de construcție și a utilajului.

4. **Condițiile topografice și geologice ale terenului.** O atenție deosebită trebuie acordată problemelor în legătură cu studiile și cercetările geologice și topografice la alegerea terenului de construcție, deoarece cunoașterea insuficientă în special a condițiilor geologice, duce adesea la erori, care au consecințe extrem de defavorabile asupra costului investițiilor. Chiar în cazul unor lucrări de mare urgență, va trebui efectuat un volum minim de cercetări geologice, care să permită eliminarea unor erori cu efect negativ atît asupra costului investițiilor cît mai ales asupra executării construcțiilor, prin apariția unor dificultăți, care prelungesc durata lucrărilor.

Suprafața necesară construirii variază între 10—12 ha pentru centrale electrice de putere mijlocie și 30 pînă la 50 ha pentru centrale de putere mare, iar terenul pentru o bună amplasare a clădirilor și instalațiilor trebuie să aibă formă dreptunghiulară cu raportul între cele două laturi cuprins de preferință între 1/1,5 și 1/2.

Pentru a evita un volum prea mare de lucrări în legătură cu nivelarea terenului, cotele terenului nu trebue să aibă diferențe mai mari de 3—4 m. Dacă în direcție transversală aceste diferențe depășesc 5—6 m, volumul lucrărilor de planare a terenului poate fi redus prin dispoziția în trepte a instalațiilor și clădirilor. In cazurile extreme, cînd nu se poate găsi un teren convenabil din punct de vedere al condițiunilor topografice, se recurge la lucrări de planare de volum mai mare.

In ceea ce privește structura geologică a terenului, aceasta trebue să permită execuția construcțiilor fără amenajarea de fundații speciale, artificiale, costisitoare. Pentru aceasta, terenul de construcție trebue să aibă o rezistență admisibilă de cel puțin 1.5—2 kg/cm^2.

Calitatea terenurilor de fundație se clasifică după natura și rezistența lor. Terenurile cele mai bune pentru fundații sînt cele de stîncă, practic incompresibile, stabile din punct de vedere hidrologic cu limita de rezistență la compresiune de cel puțin 50 kg/cm^2, cum sînt granițiî, gresiile, calcarele etc., urmînd apoi în ordine succesivă rocile cimentate cu limita de rezistență la compresiuni sub 50 kg/cm^2, cum sînt marnele, argilele silicioase, conglomeratele de gips, gipsul etc., apoi pietrișurile, nisipul de granulație mare și densitate mijlocie, argile de densitate mare și în fine, nisipul de granulație mijlocie de densitate mare și mijlocie. Mai puțin favorabile sînt terenurile de subargilă și nisipurile de granulație fină. Terenurile cu rezistență mai mică de 1,5 kg/cm^2 trebuie evitate, deoarece fundațiile mai complicate necesare în acest caz, pe lîngă că cer investiții mari, dar prelungesc durata de execuție a construcțiilor.

In cazul terenurilor de fundație formate din stîncă, se va avea în vedere că execuția lucrărilor de construcție pe aceste terenuri va întâmpina dificultăți importante în legătură cu nivelarea terenului și amenajarea construcțiilor subterane.

O importanță deosebită prezintă deasemenea și condițiile hidrogeologice ale terenului. Spre a evita epuismentele foarte costisitoare în timpul construcțiilor, izolațiile hidrofuge ale canalelor, rezervoarelor și amenajărilor subterane, nivelul apelor subterane nu trebue să fie mai ridicat decît cota de minus 4—5 m dela suprafața terenului; în caz contrar este mai bine să se renunțe la teren, în special cînd acest nivel atinge adîncimea de 1—1,5 m sub cota terenului, întrucît amenajările de drenare a terenului sînt foarte costisitoare nu numai ca investiții, dar și în exploatare. In ceeace privește calitatea apelor subterane, se va ține sema de agresivitatea acestora asupra betonului,

cimentului și metalului, deoarece măsurile de protecție contra acestei agresivități, în unele cazuri, duc la cheltuieli foarte mari.

Trebuie să menționăm unele condiții speciale care complică într-o măsură foarte mare alegerea locului de construcție a centralelor electrice. Ne referim în special la condițiile seismice ale regiunii. Efectele cutremurelor încep să fie periculoase începînd cu gradul 7 de seismicitate și se manifestă prin deteriorări și chiar distrugeri de clădiri atunci cînd ating gradul 8 și 9. Avînd în vedere forțele mari de impuls și de inerție ale vibrațiilor de perioadă lungă de care trebue ținut seama la calculul construcțiilor, regiunile seismice începînd cu gradul 9 vor trebui să fie evitate. La alegerea terenului de construcție se va ține seama atît de seismicitatea regiunii, cât și de microseismicitatea locului de amplasare a centralei, particularitățile reliefului și rezistența seismică a terenului de fundație.

Vor fi examinate cu atenție de asemenea și terenurile cu fenomene carstice, precum și acelea din regiunile cu industrie extractivă de cărbune, minereuri, sare și altele.

In general, se consideră nepotrivite pentru construcții terenurile supuse prăbușirilor, alunecărilor, cu deformații geotectonice de natură seismică, terenurile mlăștinoase și cele situate pe pante mari (peste 1 : 3).

5. **Alte condiții.** In afară de factorii menționați, care au importanță decisivă în alegerea locului de construcție a centralelor electrice, arătăm mai jos o serie de alți factori, care au o influență foarte mare asupra soluțiilor de amplasare. De acești factori se va ține seama la compararea terenurilor luate în considerare pentru construcția unei centrale electrice.

Soluționarea problemei evacuării cenușii și sgurii, prezintă uneori dificultăți importante, în special la centrale electrice mari, care urmează să utilizeze combustibil cu un conținut mai ridicat de cenușe și dacă condițiile topografice ale terenului nu permit amenajarea unui depozit de cenușe convenabil și suficient pentru un timp de 20—25 ani de funcționare a centralei electrice. In cazul evacuării cenușii pe cale hidraulică, depozitele de cenușă pot fi situate la o distanță de cel mult 4 km, de oarece pomparea la distanțe mai mari devine neeconomică. Pentru depozitarea cenușii se vor căuta chiuvetele naturale ale terenului, bălțile situate în apropierea centralei, precum și albiile rîurilor, dacă se iau măsuri speciale pentru a nu se impurifica apele rîului cu cenușe. Transportul cenușei în vagoane de cale ferată este neeconomic și se utilizează numai în cazurile cînd relieful sau condițiile terenului nu permit depozitarea în apropiere. Pentru a evita asemenea soluții neeconomice, trebuie examinată problema utilizării cenușii ca material de construcție, care va trebui pusă în ori ce caz, independent de posibilitățile evacuării acesteia din incinta centralei.

Posibilitatea ieșirilor liniilor electrice de transport constitue deasemenea o problemă care trebuie soluționată la alegerea terenului de construcție, respectînd normele de construcție a liniilor pentru diferite tensiuni și numărul diferit de circuite pentru care trebuie să se rezerve zone de anumită lățime. Totodată se va căuta să se obțină un număr cît mai mic de intersectări ale liniilor de diferite tensiuni sau să se evite complect aceste intersecții.

Pentru limitarea cheltuielilor în legătură cu exproprierea terenurilor necesare construcțiilor centralei electrice, vor trebui evitate terenurile cultivabile, ocupate de diverse uvraje, case de locuit. Aceste cheltuieli se ridică la sume foarte importante, în special cînd este necesară amenajarea de lacuri de acumulare pentru apa de răcire. Trebuie avut în vedere că strămutările de locuințe, în afară de cheltuieli mari, provoacă prelungirea duratei de construcție a centralei.

In fine, trebuie menționată necesitatea respectării normelor sanitare. Pentru a limita influența substanțelor vătămătoare conținute în gaze arse, a cenușei volante, a sulfului și altor substanțe volante sau gaze, sînt stabilite anumite zone de protecție care fixează distanțele minime între centrală și centrele populate. Pe de altă parte se iau măsuri speciale prin instalarea în centrale a aparatelor de captare a cenușii și a sulfului, care micșorează sensibil concentrația acestor substanțe în gaze arse. Prin instalarea de coșuri de înălțime mare, care ating uneori 120 și chiar 150 m, se obține o dispersare mare a gazelor arse. La descărcarea combustibilului din vagoane și la locurile de reîncărcare din instalația de alimentare cu combustibil, unde se produce praf, se iau măsuri de aspirație a acestuia. Distanțele de protecție variază în funcție de cantitatea de cenușă evacuată prin coș împreună cu gazele arse. Astfel, zonele de protecție nu sînt mai mari de 300—500 m pentru cantități pînă la 30 tone de cenușă volantă evacuată pe zi și ating circa 1 km pentru cantități cuprinse între 50 și 100 tone pe zi și 2 km atunci cînd aceste cantități se ridică la 200—300 tone pe zi.

Concluzii. Complexitatea factorilor principali și a celor de ordin secundar, la care se mai adaugă și alte considerații de importanță mai mică, nemenționate în cele de mai sus, ridică o serie de probleme tehnico-economice, studii și cercetări, de a căror soluționare depinde în foarte mare măsură alegerea corespunzătoare a locului de construcție a centralei. In consecință, atît valoarea investițiilor, cît și funcționarea economică a centralei vor depinde hotărîtor de atenția ce se va acorda soluționării acestor probleme.

Principiile economiei socialiste și linia trasată de planul de electrificare au dat o soluționare justă problemei valorificării combustibililor inferiori în țara noastră, prin arderea lor în centrale termoelectrice. Pentru centralele termoelectrice cu pură condensație, amplasamentul trebuie căutat în imediata apropiere a zăcămîntului, pentru a evita cheltuielile mari de transport al combustibilului inferior și blocarea

corespunzătoare a căilor ferate. Astfel, de exemplu centrala „Gh. Gheorghiu-Dej" dela Doicești, arde lignit din regiune; deasemeni o altă mare centrală în curs de construcție, prevăzută a arde deșeuri și mixte de cărbune, a fost așezată în zona zăcămintelor respective.

In cazul centralelor electrice de termoficare, problema se prezintă mult mai complex, de oarece amplasamentul centralei trebuie să îndeplinească și condițiile cerute de industriile mari consumatoare de abur, care se construiesc în imediata apropiere a centralei. Totuși, pe baza experienței sovietice și cu concursul unor specialiști sovietici, s-au găsit la noi, în toate cazurile, soluții corespunzătoare, determinate de multe ori ca soluții optime dintr-o serie întreagă de variante minuțios studiate.

Experiența căpătată prin aplicarea principiilor din tehnica sovietică, în alegerea locului de construcție a marilor CTE și CET, precum și rezultatele de exploatare obținute, vor servi energeticienilor noștri ca bază pentru studiile și cercetările ce trebuie să fie întreprinse în legătură cu etapele următoare, de realizare a centralelor noi în condițiuni optime pentru economia generală a țării.

Bibliografie

(1) *Kerțelli L. I.* și *Rajkin V. I.*: Teplovîie electriceskie stanții, Gosenergoizdat, 1949.

(2) *Radțig V. A.*: Vâbor ploșciadoc electriceschih stanții i podstanții, Gosenergoizdat, 1950.

(3) *Stăncescu I. D.*: Termoficarea: Principii — domenii de aplicare, importanța energetică și economică. Energetica, Nr. 1—2, 1953.

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ВЫБОР СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ ТЭС

Резюме

Изложенные здесь соображения и данные являются результатом сотрудничества с советскими специалистами при выборе строительных прощадок для первых построенных и строющихся ТЭС по плану электрификации страны и соответствующего изучения советской документации.

FUNCŢIONAREA MOTOARELOR DIESEL CU COMBUSTIBIL GAZOS

Conf. Ing. C. MOŢOIU

Articolul se ocupă de problema adaptării motoarelor Diesel şi cu cap incandescent pentru funcţionarea cu combustibil gazos, în situaţia energetică din R.P.R. Se analizează condiţiile transformării acestor motoare, se cercetează desfăşurarea ciclului motor, a parametrilor ce trebue modificaţi şi se dau date generale asupra caracteristicilor motoarelor transformate. In partea a doua a articolului se descriu metodele folosite pentru adaptarea motoarelor Diesel cu funcţionare în patru timpi, în doi timpi şi a motoarelor cu cap incandescent indicându-se elemente generale care permit orientarea tehnicienilor în studiul pentru transformarea acestor motoare în cazurile concrete din ţara noastră.

Intrebuinţările foarte variate şi foarte întinse ale motoarelor cu combustie internă şi numărul lor mereu crescînd, impune o preocupare atentă şi un studiu amănunţit asupra economiei de combustibil ce poate fi realizată printr-o exploatare raţională a motoarelor.

Dintre tipurile de motoare cu ardere internă, motorul Diesel a căpătat în ultimul timp o dezvoltare deosebită atît ca motor stabil sau semistabil în scopuri industriale, cît şi ca motor de tracţiune. Această dezvoltare se datoreşte atît faptului că motorul are un randament superior motoarelor cu explozie, conducînd deci la un consum specific mai redus, cît şi faptului că necesită un combustibil lichid, motorină sau păcură, care au un preţ de cost mai scăzut decît benzina necesară motoarelor cu explozie.

Urmărind economia de combustibil, precum şi judicioasa lui folosire, apar numeroase cazuri unde este mai economic ca motoarele stabile să funcţioneze cu combustibil gazos în loc de combustibil lichid.

Combustibilul gazos este în general mai ieftin decât cel lichid raportat la aceeaşi putere calorifică, rezolvă uneori mai simplu problema alimentării motorului cu combustibil, iar din punct de vedere energetic prezintă avantajul că se reduce consumul de produse petrolifere în instalaţiile staţionare, în scopul valorificării lor pentru alimentarea motoarelor de pe vehicule.

In ţara noastră, avînd în vedere situaţia specifică a surselor de energie, se întrevăd următoarele situaţii în care este raţional ca motoarele Diesel să fie trecute pe combustibil gazos :

1. *Motoare folosite în industria petroliferă*, îndeosebi motoarele grupurilor de foraj. Acestea sînt adeseori puse în situaţia de a funcţiona în puncte greu accesibile unde alimentarea cu combustibil lichid este greu de asigurat, puncte în care există însă la dispoziţie gaze de petrol în cantităţi mari şi la presiuni ridicate.

2. *Motoare industriale sau grupuri electrogene* situate în regiunea de gaze naturale, unde alimentarea cu gaze este asigurată prin conducte scurte, fără a necesita investiţii deosebite.

3. *Motoare din apropierea întreprinderilor industriale*, unde apar din procesele tehnologice gaze combustibile ca deşeu. Aceste resurse energetice secundare îşi găsesc o valorificare cu randament bun în motoare cu ardere internă.

4. *Motoare mici staţionare* din industria alimentară, agricultură şi silvicultură, sau servind la electrificări rurale. Acestea sînt în multe cazuri grupuri izolate de tipul motoarelor Diesel sau al motoarelor cu cap incandescent (Semidiesel), pentru care aprovizionarea cu combustibil lichid este o problemă permanentă şi adeseori greoaie din cauza transporturilor.

Trecerea acestor motoare pe combustibil gazos este posibilă şi eventual prin utilizarea gazelor produse de un generator de gaz, funcţionînd cu combustibil local : cărbuni inferiori, turbă, deşeuri combustibile. In acest fel se realizează şi unul din obiectivele importante ale politicii energetice trasate de planul de electrificare a R.P.R. — valorificarea resurselor locale.

Problema transformării motoarelor Diesel pentru a funcţiona cu combustibil gazos, este foarte actuală, deoarece în prezent acestea se construesc şi se găsesc în serviciu în majoritatea cazurilor arătate mai sus. Totodată trebuie menţionat că la noi în ţară se fabrică azi o serie de tipuri de motoare Diesel sau Semidiesel iar asupra lor au fost făcute o serie de perfecţionări care conduc la o îmbunătăţire a calităţii, lungirea duratei de exploatare între revizii, simplificarea maximă a pieselor în vederea unui montaj şi a unei manevrări uşoare, astfel că din aceste tipuri de motoare bine studiate este raţional să derive tipurile de motoare adaptate pentru funcţionarea cu combustibil gazos.

Motoarele de gaze de tip vechi, orizontale, de turaţie redusă, greoaie şi foarte ancombrante, construite în general pentru folosirea gazelor de furnal sau de generator, cu putere calorifică mică se mai întâlnesc astăzi foarte rar, iar industria modernă de motoare nu le mai construeşte.

Problema transformării motoarelor funcţionînd cu combustibil lichid, pentru folosirea gazelor a preocupat în mod deosebit şi pe tehnicienii din U.R.S.S., care în ultimii 10 ani au studiat şi au rezolvat adaptarea mai multor tipuri de motoare, punînd totodată la punct o serie întreagă de probleme legate de această adaptare. Trecerea motoarelor la combustibil gazos a fost efectuată în deosebi în regiunile petrolifere şi în regiunile bogate în resurse energetice locale (turbă). Studii importante în acest domeniu s-au făcut la Institutul de

Tabela 1

	Felul combustibilului	Puterea calorifică inferioară H_i kcal/Nm³	Cantitatea teoretică de aer Nm³/Nm³	Puterea calorifică inferioară a amestecului cu aerul teoretic H_i teor. kcal/Nm³	Greutatea specifică γ = kg/Nm³	Compoziția chimică % CO_2	O_2	C_nH_m	CO	H_2	CH_4	N_2	Observații
	Gaze cu putere calorifică redusă												
1	Gaz de gazogen	1000.—1200	1,01	500...598	1,11...1,20	5...16	0,2...0,4	—	25...31	10 ...16	0,5...2	46...57	Puțin stabile din cauza conținutului mare de CO
2	Gaz de furnal	900...1090	1,00...1,01	450..539	1,25	7...14	—	—	26...31	1,5...3,5	0,1...0,8	56...60	
3	Gaze din gazeificarea subterană a cărbunilor	900... 980	aprox. 1,00	450...490	—	16...22	—	—	5...10	17 ...25	0,8...0,1	47...53	
	Gaze cu putere calorifică mare												
4	Gaz natural (de zăcămînt)	8950	9,52	810	0,717	—	0,1...0,5	0,2...0,5	—	—	97...98	1...1,5	
5	Gaze petrolifere	10500...15200	11,4...14,4	848...978	0,88...1,20	0... 1	—	17,9...47	—	—	82,1...49	0... 3	
6	Gaz de cocserie	3900... 4130	4,1...4,27	764...785	0,48...0,53	2,1	—	2,1	6,2	53,3	25	11,3	
7	Gaze lichefiate	22000...28000	26,07...30,0	812...905	2,598	—	—	100	—	—	—	—	*)
	Combustibil lichid												
		H_i kcal/kg	Nm³/kg		kg/l	C	H_2	O_2					
8	Motorină	10000...10200	10,5...11,2	911..957	0,86...0,90	85,7...86,5	12,3...12,8	0,5...1					
9	Păcură	9500...10000	10,5	905...957	0,92...0,95	85...87	12...13	0,5...2,9					

*) Gazele lichefiate conțin: Etan C_2H_6 0,5...5; Propan C_3H_8 30...60%; Butan și Isobutan C_4H_{10} 28...80%; Pentan C_5H_{12} 0...2%.

Energetică al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S., institutul ŢNIDI, institutul MVTU şi altele.

Şi în ţara noastră au fost efectuate pînă în prezent mai multe astfel de adaptări de motoare Diesel, obţinîndu-se rezultate satisfăcătoare, chiar la motoare de mare putere. Metoda aplicată a fost transformarea dela motor Diesel la motor cu aprindere prin scînteie.

Citäm deasemeni cazul unui motor în 2 timpi, la Oraşul Stalin, funcţionînd în sistem mixt cu gaz metan şi autoaprindere prin injecţie de motorină.

Din cauză că gazele combustibile care stau la dispoziţie sînt de natură diferită şi au din punct de vedere al arderii caracteristici diferite, precum şi din cauza tipurilor constructive variate ale motoarelor Diesel, realizarea practică a transformării pentru utilizarea combustibilului gazos se face prin metode deosebite dela caz la caz.

In articolul de faţă se studiază posibilităţile de adaptare a tipurilor cunoscute de motoare Diesel, precum şi a motoarelor cu cap de aprindere (Semidiesel) şi se analizează rezultatele practice obţinute la convertirea acestor motoare pentru folosirea diferiţilor combustibili gazoşi.

Transformarea motoarelor dela combustibil lichid la combustibil gazos se poate face pe două căi:

1. Prin modificarea ciclului motor şi al modului în care se face aprinderea combustibilului. Raportul de compresie ε al motorului se reduce pînă la o valoare cuprinsă între 7 şi 9, ceeace corespunde unei funcţionări sigure şi fără pericol de detonaţie. Aprinderea are loc cu ajutorul unei scîntei electrice, produse de una sau mai multe bujii. Această modificare transformă motorul Diesel într-un motor cu gaze, funcţionînd numai cu combustibil gazos.

2. Prin menţinerea ciclului motor cu aprindere datorită fenomenului de autoaprindere. In acest caz motorul va lucra cu un raport de compresie ridicat şi va conţine la sfîrşitul cursei de compresie în cilindru, un amestec de aer şi gaze, care se aprind datorită injectării unei cantităţi reduse de combustibil lichid. Această adaptare conduce la o funcţionare *mixtă*, gazele fiind combustibilul de bază, iar combustibilul lichid, de obicei motorina, fiind combustibilul de aprindere.

Caracteristicele generale ale gazelor combustibile. Gazele combustibile folosite la motoare sînt provenite din zăcăminte de gaze naturale, gaze petrolifere, gaze din gazeificarea în zăcămînt a cărbunilor sau gaze produse prin procese de ardere incomplectă a cărbunilor (gaze de gazogen, gaze de coxerie), de asemeni, în unele cazuri, gaze de furnal. In tabela 1 sunt date caracteristicile principale ale acestor combustibili gazoşi, precum şi a combustibililor lichizi folosiţi pentru motoare Diesel. Gazele bogate în CO sunt puţin stabile, se aprind uşor şi ard repede Cifra octanică a acestora este 80...110. Din această cauză raportul de compresie admisibil pentru motoarele de gaze este 7,5...9,5. La rapoarte de compresie mai mari apare pericolul de ardere cu caracter detonant. In cazul motoarelor cu raport de compresie mare şi aprindere prin combustibil lichid poate avea loc uneori autoaprinderea combustibilului gazos fără a fi nevoie de adaus de combustibil lichid. Acest lucru se întîmplă mai ales dacă amestecul de aer şi gaze este admis în cilindru dela începutul cursei de compresie. Autoaprinderea gazelor nu este însă sigură, iar arderea se face cu creşterea brutală de presiune, bătăi şi oscilaţii de presiune în timpul destinderii, motiv pentru care acest fenomen se evită.

Gazele de sondă şi gazele naturale, din cauza conţinutului mare de CH_4 se aprind la o temperatură foarte ridicată. Ele conduc la o întîrziere de aprindere mare, iar arderea este progresivă şi calmă. Din această cauză gazele cu conţinut mare de CH_4 sunt foarte potrivite pentru a fi folosite în motoare cu raport de compresie mare, cu funcţionare mixtă. Trebuie însă să se asigure un sistem sigur de aprindere.

In tabela 2 se arată temperaturile de autoaprindere ale diferiţilor combustibili folosiţi la motoare.

Tabela 2

Felul combustibilului	Temp. de autoaprindere °C
Hidrogen	870
Metan (CH_4 1)	920
Combustibil lichid din gudroane	770
Păcura şi motorina	650

Arderea amestecului combustibil în camera de ardere a unui motor de gaze cu aprindere prin scînteie electrică este arătată în diagrama desfăşurată din fig. 1. Momentul în care are

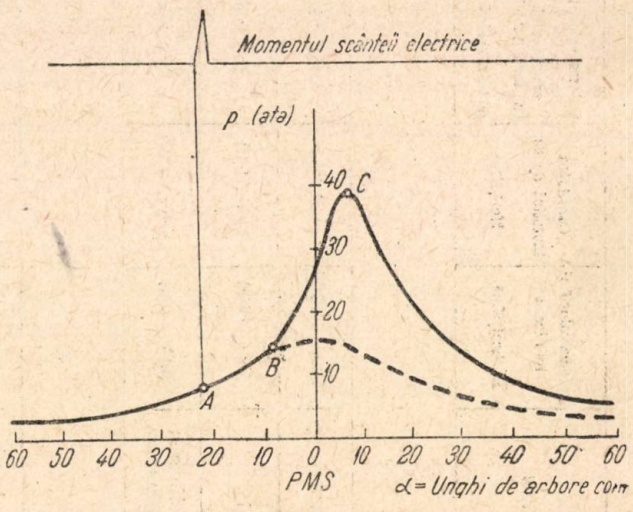


Fig. 1. Diagrama desfăşurată a unui motor de gaze cu aprindere prin scînteie.

loc scînteia este marcat prin litera *A*. Din acest moment pînă în punctul *B* au loc în amestecul combustibil schimbări fizice şi chimice, fără o ridicare însemnată a presiunii şi a

temperaturii. In punctul B începe arderea rapidă cu ridicarea parametrilor ametsecului din camera de ardere. Panta acestei curbe $\frac{\Delta p}{\Delta \alpha}$ oglindește caracteristica de ardere a combustibilului. O pantă rapidă a curbei cu racordare bruscă față de curba de compresie indică o ardere cu caracter detonant, care sporește presiunea maximă din cilindru, produce bătă

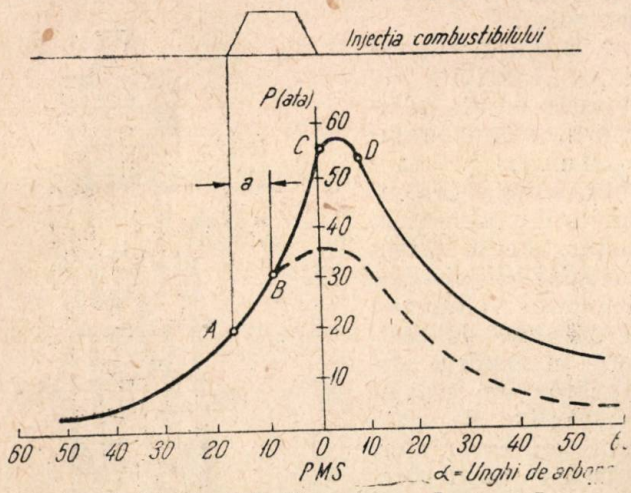


Fig. 2. Diagrama desfășurată a unui motor de gaze cu funcționare mixtă.

caracteristice și solicită defavorabil elementele mașinii. Durata arderii și viteza de ardere depind de structura chimică a combustibilului, de forma camerei de ardere și de calitatea amestecului dintre combustibil și aer.

Mărirea raportului de compresie, adică presiune și temperatură mai mare la începutul aprinderii, ridică panta curbei de ardere $\left(\frac{\Delta p}{\Delta \alpha}\right)$ Același efect de accelerare a arderii este produs. de o turbulență activă și de mărirea numărului de bujii de aprindere.

Arderea amestecului în camera de ardere a unui motor de gaze cu autoaprindere este arătată în diagrama desfășurată din fig. 2. Injecția de combustibil lichid de aprindere începe în punctul A. In zona marcată cu a (întîrzierea la aprindere) au loc schimbări de stare ale combustibilului lichid (gazeificare), precum și începutul oxidării. In momentul B începe arderea violentă a combustibilului lichid care antrenează arderea combustibilului gazos. Arderea nu se face cu front de flacăre ca la motoarele cu aprindere prin scînteie, ci apare în toată masa amestecului prin centre de foc. Deoarece practic cea mai mare parte din combustibil este deja introdusă în cilindru, apare în acest moment o ridicare bruscă de presiune. Influența factorilor arătați la motoarele cu aprindere prin scîntei este aceeași și la motoarele cu autoaprindere. Presiunea atinge valori de 60...65 at.

Din punctul C injecția de combustibil lichid fiind terminată, continuă să ardă în camera de ardere combustibilul gazos. Condițiile de temperatură și presiune create și viteza de reacțiune sînt atît de favorabile, încît amestecul de gaze și aer arde violent fără întîrziere și menține un timp după punctul mort superior o presiune aproape constantă în cilindru (curba CD).

In punctul D arderea este practic terminată, rămînînd în cilindru numai anumite particule care ard întîrziat.

Diagramele desfășurate sînt asemănătoare independent de metoda trecerii motorului Diesel la arderea combustibilului gazos.

Intîrzierea la aprindere și caracteristica de ardere a amestecului de combustibile trebue să fie asemănătoare cu aceea a motorului inițial. In legătură cu această problemă studii amănunțite și date numerice au fost arătate de Carpov (2).

Din formulele pentru stabilirea întîrzierii la aprindere rezultă că influența cea mai mare o are temperatura pereților cilindrului. Supraîncălzirea locală a unei părți din camera de ardere reduce această întîrziere și poate chiar cauza autoaprinderea gazelor la un moment nepotrivit și arderea lor cu caracter detonant. Motoarele cu camera de ardere simplă fără muchii vii sau părți calde sunt cele mai potrivite pentru adaptarea la combustibil gazos, evitîndu-se supraîncălzirea locală.

Menținerea întîrzierii la aprindere în limitele necesare bunei funcționări a motorului se face prin adoptarea unui anumit raport de compresie (în general $\varepsilon = 12...14$) și prin activarea circulației apei în chiulasa motorului răcind pereții camerei de ardere.

Se constată practic că întîrzierea la aprindere este în medie de 10...30° unghi de arbore cotit la motoarele care funcționează cu gaz de gazogen. Reglajul avansului la injecție respectiv avansul la aprindere pentru motoarele cu bujii se poate face numai experimental. In fig. 3

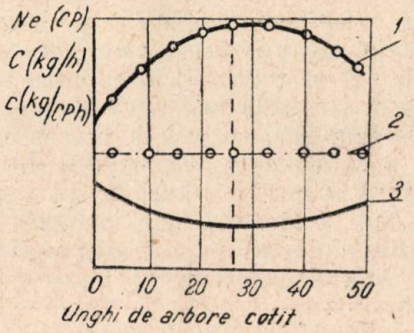


Fig. 3. Diagrama puterii și a consumului specific în funcție de avansul la aprindere :
Curba 1. Puterea maximă efectivă dcsvoltată Ne (CP).
Curba 2. Consum total de gaze C (N.m³/h).
Curba 3. Consum specific c(Nm³/CPh)

se indică după Kiracovski (3) variația puterii maxime date de motor și variația consumului specific în funcție de avansul la aprindere.

Transformarea motoarelor Diesel pentru funcționare cu combustibil gazos, cu aprindere prin scînteie. Motoarele adaptate în mod curent în acest fel sunt motoarele cu ciclul în patru timpi. După cum am arătat mai sus, raportul de compresie trebue redus la 7,5...9,5, ceeace se obține

prin modificarea înălțimii pistonului sau montarea unui inel metalic de înălțimea dorită între chiulasă și cilindru. Sistemul de injecție se elimină și se înlocuește cu sistemul de aprindere prin bujii electrice. La motoarele cu diametru mare al pistonului, pentru a se reduce durata propagării flacării prin scurtarea drumului frontului de flacăre, se pot instala mai multe bujii eventual montate în inelul metalic ce înalță camera de ardere.

Din cauza reducerii raportului de compresie, scade presiunea medie efectivă, ceeace conduce

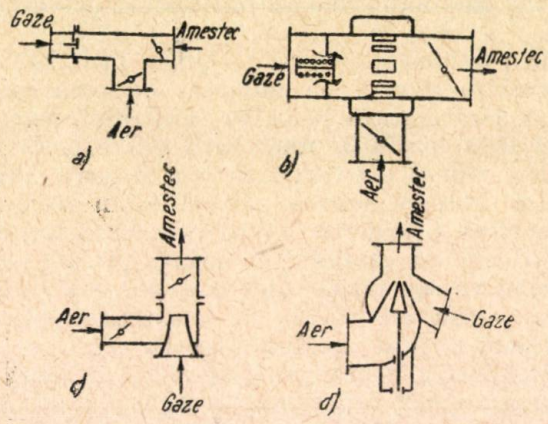


Fig. 4. Schema dispozitivelor de amestec la motoare cu gaze.
a—amestecător folosit la motoare rapide: *b*—amestecătorsimplu cu curentul paralel de aer și gaze; *c*—amestecător injector; *d*-amestecător injector.

la reducerea puterii date de motor cu pînă la 50%. Presiunea maximă din cilindru se micșorează de asemenea, din care cauză piesele motorului sînt mai puțin solicitate și durata de funcționare se prelungește.

Buna funcționare este legată de posibilitatea de a efectua un amestec omogen între gaze și aer în exteriorul cilindrului pe traseul de aspirație. Cu cît amestecul este mai omogen, excesul de aer se reduce și în cilindru se poate introduce o cantitate mai mare de gaze.

In acest scop dispozitivele de amestec trebuie să poată permite reglajul dozajului de gaze în amestec și să asigure prin turbulență amestecul. In fig. 4 sînt arătate în mod schematic cîteva din tipurile folosite pentru dispozitivele de amestec. Anumite construcții folosesc pentru amestec o supapă de aspirație dublă, al doilea taler de supapă deschizînd conducta pe care intră gazul combustibil, fără presiune.

In fig. 5 se arată o supapă de aspirație pentru gaze și aer, a motorului sovietic G 26/38.

In U.R.S.S., Institutul MVTU a realizat de asemeni trecerea unui motor cu cap de aprindere, în doi timpi numai pe combustibil gazos.

Admisia gazului și baleiajul se face similar cu sistemul arătat mai jos (transformarea motoarelor în 2 timpi pentru funcționarea mixtă), iar aprinderea are loc prin scînteia dată de o bujie. Față de motorul inițial, în acest caz a fost posibilă o mărire a raportului de compresie dela 4,6 la 5,6 ceeace a condus la mărirea ransamendului și la supraîncărcarea motorului cu cca 20% (presiune medie efectivă 3,1 kg/cm² în loc de 2,2).

Reglajul motoarelor cu gaze se poate efectua prin trei metode:

1. Reglajul „tot sau nimic" la care supapa de gaze se închide complet sau se deschide complet în funcție de turația motorului. Acest reglaj se poate adapta numai la motoare mici, conducînd la un mers neregulat.

2. Reglajul prin variația cantității de amestec admis în cilindru, obținut cu ajutorul unei clapete care obturează parțial conducta de admisie la motor. Acest sistem de reglaj schimbă randamentul volumetric și presiune de aspirație în cilindru, asemănător cu reglajul motoarelor de tracțiune cu carburator.

Dezavantajul sistemului constă în reducerea randamentului motorului la sarcină parțială.

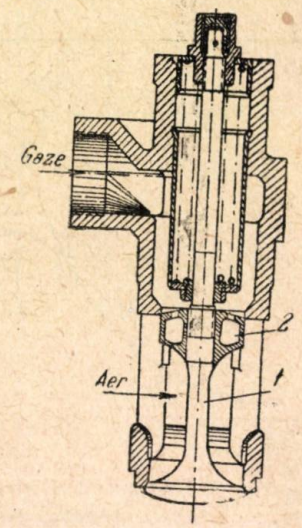


Fig. 5. Supapă dublă de aspirație pentru aer și gaze:
1—tija supapei de aspirație; 2—talerul supapei de gaze.

3. Reglajul calitativ al amestecului de aer și gaze prezintă din punct de vedere economic cele mai multe avantaje. In acest caz se variază procentul de gaze combustibile din amestec, prin reglarea ventilului de pe conducta de gaze.

Dificultățile acestui sistem de reglaj apar deasemeni la sarcina parțială cînd din cauza amestecului prea sărac pot interveni neregularități în aprinderea combustibilului în cilindru.

Reglajul calitativ este sistemul astăzi cel mai aplicat la motoarele stabile, fiind metoda întrebuințată și la toate motoarele Diesel transformate pentru funcționarea în regim mixt.

Transformarea motoarelor în patru timpi pentru funcționare mixtă cu autoaprindere. Transformarea motoarelor în patru timpi pentru funcționare mixtă se face menținîndu-se un raport mare de compresie, la care să poată avea loc autoaprinderea combustibilului. Prin supapa de admisie a motorului se aspiră un amestec de aer și gaz combustibil, iar la sfîrșitul compresiunii amestecului gazos se injectează o anumită cantitate de combustibil lichid de aprindere: Injecția trebuie făcută cu avans față de punctul mort superior în funcție de gazul utilizat și de caracteristicile constructive ale motorului, astfel încît să nu existe o creștere brutală a presiunii și să se realizeze o diagramă a ciclului cît mai apropiată de diagrama ciclului Diesel inițial.

In practică acest avans este de 10—30° unghi de arbore cotit.

Presiunea de ardere poate atinge în motor valoarea de 65 at. din cauză că în momentul

aprinderii tot combustibilul se găseşte deja în cilindru, amorsîndu-se o ardere violentă. Raportul de compresie al motorului cu funcţionare mixtă poate atinge valori $\varepsilon = 12...13$, fiind

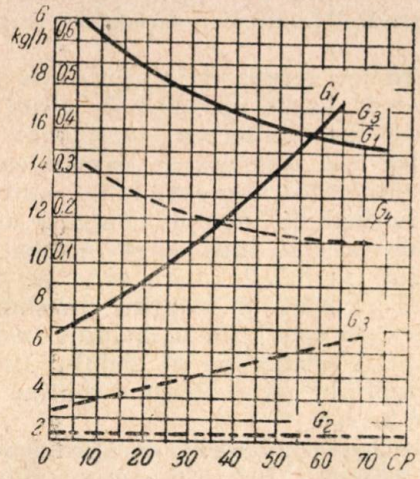


Fig. 6. Consumul de combustibil lichid al unui motor Diesel în patru timpi şi al aceluiaşi motor transformat pentru funcţionare mixtă. :

Curba G_1—Consumul mtoorului Diesel: Curba G_2 b — Consumul minim de combustibil de aprindere Curba G_3—Consumul real de combustibil de aprindere

limitat de presiunea ridicată ce se obţine în cilindru prin ardere şi de pericolul ca gazul să se aprindă în cilindru în mod nedorit, înaintea momentului injecţiei. Din această cauză, motoarele cu raport de compresie foarte ridicat, trebuie să sufere o mărire a camerei de ardere, obţinută în general prin reducerea înălţimii pistonului.

Consumul minim de combustibil de aprindere este la aceste motoare 10...20% din consumul motorului Diesel la sarcina maximă. Motoarele cu injecţie directă, prin forma simplă a camerei de ardere se pretează mai bine la trecerea pe gaze, atingînd consumuri mai reduse pentru combustibilul lichid decît motoarele cu antecameră. La motoarele cu antecameră este necesar a se injecta o cantitate mai mare de combustibil lichid, astfel ca arderea să aibă loc în antecameră în mod normal şi prin ridicarea de presiune creiată, gazele de ardere să fie expulzate în camera principală de ardere.

Reglajul motoarelor cu funcţiune mixtă se face în general numai prin variaţia cantităţii de gaze admisă în cilindru, cantitatea de combustibil lichid fiind fixă. In unele cazuri însă întreg sistemul de injecţie rămîne neschimbat. Faţă de motorul Diesel normal se micşorează numai diametrul elementilor pompei de injecţie, în care caz pompa de injecţie rămîne sub acţiunea regulatorului, iar consumul de combustibil lichid variază şi el cu sarcina. In diagrama din fig. 6 sunt arătate consumurile de combustibil lichid, conform datelor de încercare efectuate cu un motor sovietic (3).

In fig. 7 se arată în mod schematic dispozitivul de alimentare cu combustibil gazos şi combustibil lichid al unui motor Diesel în patru timpi, adaptat pentru funcţionarea mixtă.

Gazul combustibil este admis în colectorul de admisie fiind reglat cu ajutorul unei clapete comandată de regulator. Aerul este absorbit la fiecare cilindru printr'un filtru separat, fiind posibil un reglaj manual al debitului absorbit. Amestecul aerului cu gazul are loc pe conducta de aspiraţie.

In fig. 8 se arată dispozitivul de amestec la un motor cu gaze în patru timpi supraalimentat.

Motorul are pe tubul de aspiraţie, care se găseşte sub presiunea aerului refulat de suflantă, o supapă comandată de o camă specială.

Supapa de aspiraţie se deschide la motoarele supraalimentate cu avans puternic, baleiajul cilindrului are loc numai cu aer. In momentul închiderii supapei de evacuare, se deschide şi supapa de gaze, gazul combustibil este admis în tubul de aspiraţie, se amestecă cu aerul şi intră în cilindru.

Ambele supape de admisie se închid concomitent.

Adoptarea sistemului de mai sus impune modificarea chiulasei şi introducerea unui ax cu came suplimentar.

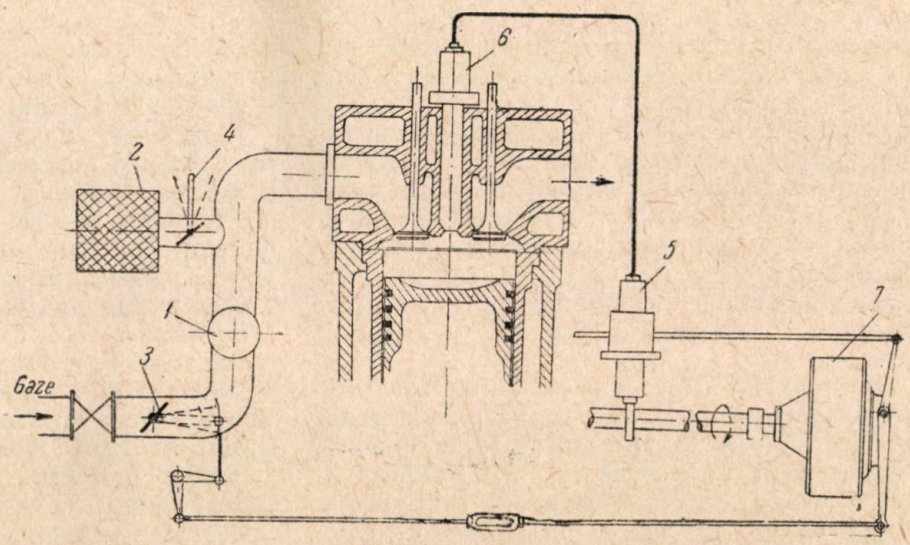


Fig. 7. Alimentarea cu combustibil şi reglajul unui motor în 4 timpi, funcţionând în regim mixt :

1—Colectorul de gaze de joasă presiune: 2 — Filtrul de aer: 3— Clapetă fluture pentru reglajul gazului: 4—Clapeta pentru reglajul aerului: 5—Pompa de injecţie; 6—Injectorul: 7—Regulatorul centrifugal.

Adaptarea motoarelor în patru timpi la regim mixt de funcţionare se face fără a se scădea simţitor puterea motorului, ceeace reprezintă un avantaj serios faţă de transformarea în

motoare de gaze cu aprindere prin scînteie. Totodată, utilizând sistemul mixt, se simplifică constructiv adaptarea, excluzînd necesitatea aparatelor de aprindere, precum și modificarea unor elemente esențiale ale motorului.

Aceste avantaje fac ca metoda adaptării la regim mixt de funcționare, ca autoaprinderea

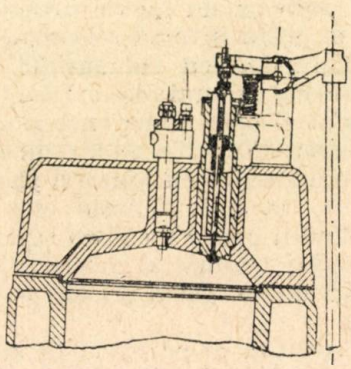


Fig. 8. Motor funcționând cu gaze, supraalimentat :

combustibilului să fie recomandată, cu tot consumul remanent de combustibil lichid.

Transformarea motoarelor în doi timpi pentru funcționare mixtă, cu autoaprindere. Motoarele în doi timpi, tip Diesel sau cu cap incandescent, pot fi adaptate cu ușurință pentru funcționare mixtă prin amestecarea aerului și gazelor combustibile înainte de absorbirea lor în motor. In acest caz apare însă problema baleiajului, care are loc cu amestec combustibil în loc de aer curat. Se revine la dezavantajul motoarelor cu explozie în doi timpi, unde prin baleiaj se evacuiază în colectorul de evacuare o parte din combustibil nears. Din încercările efectuate se apreciază că prin baleiaj se elimină astfel 30% din combustibilul gazos nears, ceeace reduce simțitor randamentul.

Randamentul obținut în sistemul de funcționare mixtă cu un motor sovietic de tip RK 30, cu cap incandescent, cu baleiaj de amestec gazos, a fost de 18%, cu consum destul de ridicat de combustibil lichid de aprindere (aprox. 40%).

La motoarele cu compresie în carter apare deasemeni în acest caz pericolul de explozie în carter.

Din motivele arătate mai sus, adaptarea simplă a motoarelor în doi timpi prin amestec exterior de aer și gaze nu este răspîndită. Dezavantajul se elimină dacă în cilindru se face o admisie separată de aer și combustibil, amestecul lor făcîndu-se în interiorul cilindrului.

Admisia de gaze se poate face concomitent cu admisia combustibilului de aprindere, la sfîrșitul cursei de compresie, ceeace necesită pentru gaze o presiune ridicată pînă la 70—80 ata sau la începutul cursei de compresie, imediat după închiderea orificiilor de evacuare, la o presiune mai coborîtă, așa încît injecția de combustibil lichid să găsească în cilindru toată cantitatea de combustibil gazos.

Admiterea gazelor la sfîrșitul cursei de compresie necesită instalarea unui compresor de gaze, antrenat separat, care consumă energie și reprezintă deasemeni o investiție suplimentară.

Ciclul motor rezultă prin aplicarea acestui procedeu este foarte apropiat de ciclul motorului Diesel funcționind cu combustibil lichid.

Motorina este injectată în cantitatea strict necesară amorsării procesului de ardere, cu avansul normal de injecție. Supapa de gaze se deschide imediat după acest moment, insuflînd gazul combustibil care arde pe măsura intrării în cilindru și menține presiunea de ardere teoretic constantă a ciclului Diesel.

Raportul de compresie al ciclului Diesel se menține, motorul astfel adaptat putînd atinge maximum $\varepsilon = 14$.

Cantitatea de combustibil de aprindere necesară este de aprox. 10% din combustibilul consumat la funcționarea numai cu combustibil lichid.

Sistemul permite deasemeni adaptarea fără reducere de putere a motorului. La aceasta contribue și faptul că, aspirîndu-se numai aer curat, cantitatea în greutate a aerului admis în cilindru este cu circa 8% mai mare ca în cazul cînd se admite amestec de combustibil și aer, deci practic randamentul volumetric al aspirației este mărit.

Sistemul este aplicabil la motoarele Diesel de putere mare, așa cum sunt de exemplu motoarele grupurilor electrogene din centralele Diesel.

In fig. 9 se arată realizarea trecerii unui motor Diesel în doi timpi, de putere cca. 2000 CP pe funcționare mixtă. Chiulasa motorului a primit un injector special prin care se introduce în cilindru și combustibilul lichid de aprindere și gazele. Injectorul este de tip închis cu ac.

Pompa de injecție este de tipul cu cursă constantă și supapă de descărcare comandată și devine elementul care acționează hidraulic pătrunderea gazului în cilindru, asigurînd un moment constant al începutului insuflării și variind sfîrșitul insuflării.

Gazele sub presiune găsesc în cilindru aerul comprimat la cca. 32—34 ata. Din cauza diferenței mari de presiune gazul intră cu violență în cilindru și se amestecă cu aerul. Din cauza încălzirii puternice conducta de ulei care comandă acul injectorului este răcită.

Pentru motorina de aprindere se instalează o nouă pompă de injecție de dimensiuni reduse.

Regulatorul motorului acționează asupra pompei de comandă a injectorului, variind după sarcină cantitatea de gaze. Cantitatea de motorină injectată este constantă, independentă de sarcină.

La pornire, motorul funcționează numai cu motorină, fiind lansat cu aer comprimat, apoi se introduce printr'o manevră manuală pompa de acționare a injectorului.

Ca variantă a acestei soluții menționăm posibilitatea de a lăsa neschimbat injectorul de combustibil lichid, la care se reduc orificiile de injecție, iar pentru gazul combustibil se montează un injector special, acționat hidraulic. In acest caz chiulasa motorului trebue reconstruită.

La motoarele care funcționează cu gaze lichefiate, sistemul de injecție rămîne neschimbat, vaporizarea gazului combustibil efectuîndu-se direct, în cilindru. Cu precauție esențială în acest caz trebue avut în vedere ca presiunea la aspirația pompei de injecție să fie mai mare decît presiunea de vaporizare a combustibilului la temperatura ambiantă.

La aceste motoare este posibilă autoaprinderea combustibilului fără a se folosi combustibil special de aprindere, totuși în acest caz se ajunge în momentul arderii la presiuni cu totul anormale în cilindru.

Admiterea gazelor la începutul cursei de compresie se aplică în special la motoarele mici și la motoarele cu cap incandescent deoarece simplifică instalația de gaze.

Gazul combustibil se injectează în cilindru prin intermediul unei supape speciale imediat după închiderea ferestrelor de evacuare. Presiunea necesară pentru gaze este de 2 la 3 ata.

In fig. 10 este arătată o chiulasă specială prevăzută cu locul de introducere a supapei de gaze pentru injectare.

In scopul simplificării instalației de compresoare pentru gaze la motoarele cu cap de aprindere au fost imaginate o serie de dispozitive la care comprimarea combustibilului se datorește chiar presiunii din carterul motorului.

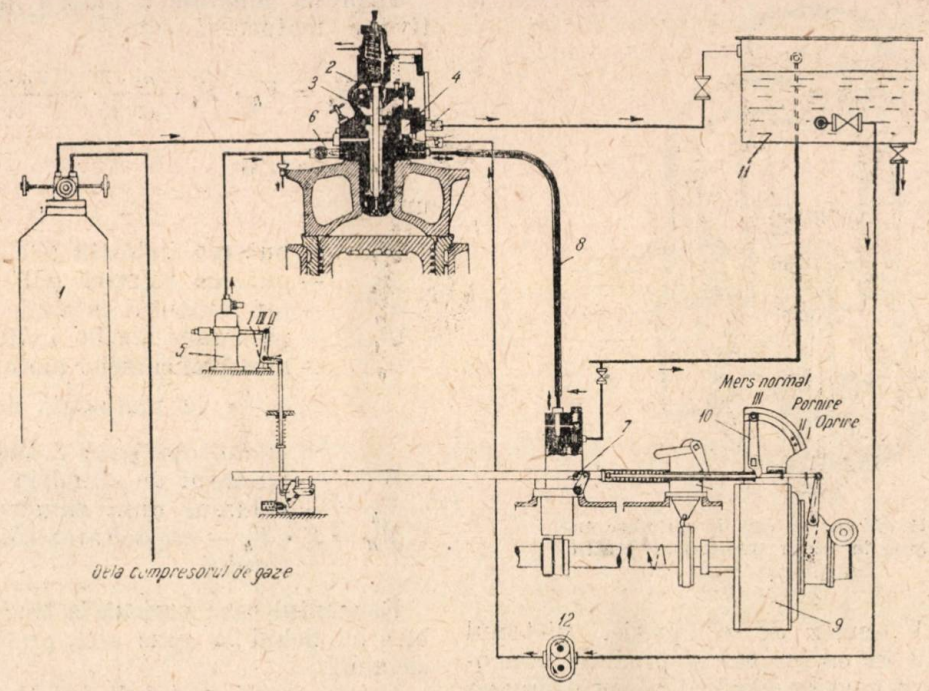


Fig. 9. Motor Diesel în doi timpi cu funcționare mixtă:

1—Butelia de gaze sub presiune: 2—Injector de gaze și motorină: 3—Acul injectorului; 4—Dispozitiv de acționare hidraulic: 5—Pompă pentru combustibilul lichid de aprindere! 6—Ventil de reținere pentru motorină: 7—Pompă de ulei pentru acționarea acului injectorului: 8—Conducta de ulei pentru acționarea hidraulică: 9—Regulatorul motorului: 10—Maneta de pornire: 11—Rezervor pentru uleiul de acționare: 12—Pompa de umplere a sistemului de acționare a injectoarelor.

In fig. 11 și fig. 12 sunt date două sisteme de acest gen. In primul sistem aerul aspirat în carter, la urcarea pistonului, prin clapetele *1* este refulat în cursa coborîtoare atît în gazogenul care alimentează motorul prin clapetele *2* și conducta *3*, cît și în cilindrul motor prin ferestrele de baleiaj. In momentul închiderii acestor ferestre, în cilindrul rămas în contact cu atmosfera, prin ferestrele de evacuare, domnește presiunea atmosferică.

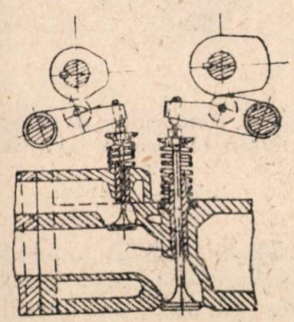


Fig. 10. Motor în doi timpi cu supapă specială de gaze.

Gazele sosite prin conducta *6* se amestecă cu aer prin supapa *4* în amestecătorul *5* și găsindu-se la o presiune ușor mai ridicată decît cea atmosferică, pătrund în cilindru prin supapa automată *7*.

La motorul din fig. 12 a fost adaptat un dispozitiv special de tip pulsator, pentru introducerea gazului în cilindru.

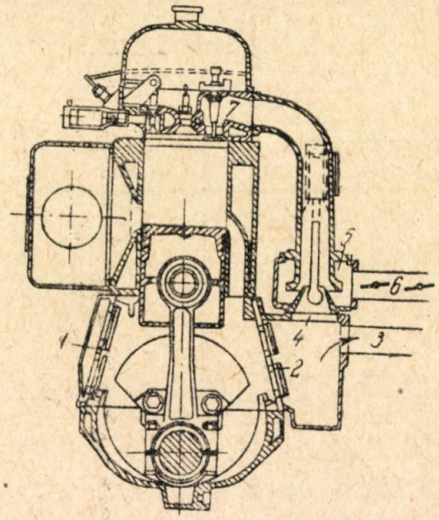


Fig. 11. Motor cu cap de aprindere cu compresie în carter transformat pentru funcționare mixtă.

In timpul cursei de compresie, pistonul urcînd aspiră în carter aer și produce concomitent intrarea gazelor combustibile prin supapa automată *1* în pulsatorul *2*.

In cursa coborîtoare, datorită compresiei din carter, gazele sunt comprimate odată cu aerul.

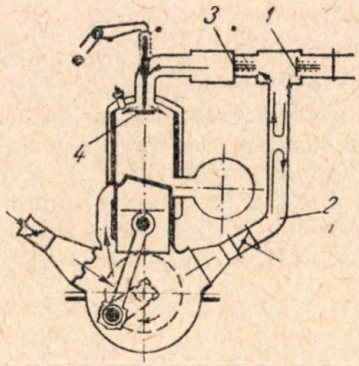


Fig. 12. Motor cu cap de aprindere transformat pentru funcționare mixtă, cu pulsator pentru comprimarea gazului.

Urmează baleiajul, iar în momentul închiderii ferestrelor de baleiaj supapa comandată *4* permite intrarea gazului combustibil în motor, trecând prin supapa automată *3*.

La funcționarea motoarelor cu cap de aprindere la sarcină parțială se constată că temperatura capului incandescent scade ne mai asigurîndu-se o aprindere regulată. Din această cauză se preconizează încălzirea exterioară a capului incandescent în cazul cînd sarcina scade sub 50%.

Puterea motoarelor transformate pentru funcționare cu combustibil gazos, caracteristici. Din descrierea metodelor pentru trecerea motoarelor Diesel la funcționarea cu combustibil gazos, rezultă în general că are loc o scădere de putere a motorului.

Expresia generală a puterii indicate și efective a motorului este :

$$N_i = V_h \cdot P_i \cdot \frac{n_a \cdot Z}{60 \cdot 75} = \frac{V_H \cdot P_i \cdot n_a}{4500} \text{ (CP)}$$

$$N_e = N_i \cdot \eta_m$$

unde :

N_i este puterea indicată (CP) ;
N_e — puterea efectivă (CP) ;
η_m — randamentul mecanic al motorului ;
P_i — presiunea medie indicată (kg/cm²) ;
n_a — numărul curselor motoare pe minut = $= \frac{n}{2}$ la motoarele în 4 timpi și n la motoarele în 2 timpi ;
Z — numărul de cilindri ;
V_h — volumul unui cilindru ;
$V_H = Z \cdot V_h$ — capacitatea cilindrică a motorului.

Elementul care variază la trecerea dela combustibil lichid la gaze este presiunea medie a ciclului.

Deoarece atît ciclul de funcționare al motoarelor Diesel moderne, cît și al motoarelor adaptate pentru funcționarea pe gaze se înscriu în ciclul teoretic cu ardere sub volum constant și presiune constantă (ciclul mixt), expresia teoretică a presiunii medii se poate scrie :

$$p_i' = \frac{p_c}{\varepsilon - 1}\left[\lambda(\rho - 1) + \lambda\rho\,\frac{1 - \frac{\rho^{n_2 - 1}}{\varepsilon^{n_2 - 1}}}{n_2 - 1} - \frac{1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}}}{n_1 - 1}\right]$$

unde :

p_c este presiunea maximă de ardere ;
ε — raportul de compresie ;
ρ — raportul de injecție ;
λ — raportul între presiunea de ardere și presiunea la sfîrșitul cursei de compresiune ;
n_1 — coeficientul politropic mediu al compresiunii ;
n_2 — coeficientul politropic mediu al destinderii ;
p_i — $\varphi p_i'$;
φ — coeficientul de umplere al diagramei teoretice față de ciclul real.

Din analiza acestei expresii rezultă că factorii esențiali care determină presiunea medie sunt : p_c, ρ, λ și ε.

p_c, ρ și λ depind de cantitatea și calitatea combustibilului introdus în cilindru și de felul arderii, iar ε, după cum s'a asigurat mai sus

este condiționat de metoda prin care motorul Diesel este trecut la arderea combustibilului gazos.

Expresia presiunii medii și a puterii motorului în funcție de puterea calorifică inferioară a combustibilului este :

$$p_i = \frac{427\, H_{ia} \cdot \xi}{10\,000}\, \eta_i = \frac{P_{cia} \cdot \xi}{23{,}42}\, \eta_i \text{ kg/cm}^2 ;$$

$$N_i = V_H \cdot \frac{n \cdot H_{ia} \cdot \xi}{21\,080} \cdot \eta_i \text{ (CP) la motoarele în 4 timpi ;}$$

$$N_i = V_H \cdot \frac{n \cdot P_{cia} \cdot \xi}{10\,540} \cdot \eta_i \text{ (CP) la motoarele în 2 timpi ;}$$

unde :

H_{ia} este puterea calorifică inferioară a amestecului combustibil din cilindru kcal/Nm³ ;

ξ — gradul de umplere (randamentul volumetric) al cilindrului

$$\xi = \frac{p_1}{1{,}033} \cdot \frac{273}{T_1} ;$$

η_i — randamentul indicat ;

p_1 — presiunea de aspirație în cilindru (ata) ;

T_1 — temperatura de aspirație.

Puterea calorifică inferioară a amestecului introdus în cilindru se poate deduce din datele din tabela 1, unde s'a indicat puterea calorifică inferioară $H_{i\,teor}$ kcal/Nm³ a amestecului de gaze cu cantitatea minimă teoretică de aer.

$$H_{ia} = \frac{H_{i\,teor}}{\lambda_a}$$

unde λ_a este excesul de aer în cilindrul motorului.

Excesul de aer necesar pentru a se efectua în motor arderea complectă depinde de felul amestecului, forma și dimensiunile camerei de ardere și turația motorului.

La motoarele unde amestecul de gaze și aer se face în exterior din cauza omogenității obținute, excesul de aer este foarte redus.

Coeficientul λ se apropie de 1 la motoarele de capacitate cilindrică, mică, iar la motoarele mai mari, $\lambda_a = 1{,}2 \ldots 1{,}4$.

La motoarele cu suflarea combustibilului direct în cilindru și amestec în interiorul cilindrului, $\lambda_a = 1{,}3 \ldots 1{,}8$.

Excesul de aer trebue să se mărească odată cu creșterea turației motorului, pentru ca în timpul scurt ce stă la dispoziție pentru efectuarea arderii, întreg combustibilul trebue să găsească oxigenul necesar.

Cu cît excesul de aer este mai mare, arderea se face cu o ridicare de presiune mai redusă. La unele motoare cu funcționare mixtă și autoaprindere, pentru ca să se limiteze presiunea maximă, se adoptă coeficienți mari de exces de aer.

Pentru coeficienții medii politropici de compresiune și destindere după Tareev se pot admite la valorile din tabela 3.

Tabela 3

Nr. crt.	Tipul motorului	n_1	n_2
1	Motoare cu aprindere prin scântei, (mic)	1,32 — 1,35	1,25 — 1,29
2	Motoare cu gaze și aprindere cu combustibil lichid . .	1,33 — 1,36	
3	Motoare cu conținut mic de gaze în aemstec	1,38	

La motoarele cu pistonul răcit cu apă sau ulei, n_1, este mai redus cu 0,02 sau 0,03. Valorile mari pentru n_1, apar la motoarele rapide, unde nu există timp pentru efectuarea unui schimb activ de căldură cu pereții cilindrului. Valorile cele mai mici apar la motoarele cu turație coborîtă.

Temperatura și presiunea admisibilă la sfîrșitul compresiunii pentru asigurarea mersului normal la diferite tipuri de motoare funcționînd cu combustibili lichizi sau gazoși, este arătată în tabela 4.

Tabela 4

Nr. crt.	Felul motorului	T_2	p_2
1	Motor Diesel cu compresor	770 — 870	32 — 34
2	Motoare Diesel cu injecție directă	740 — 900	28 — 34
3	Motoare cu cap incandescent	600 — 690	8 — 16
4	Motoare de gaze cu aprindere prin scânteie . . .	620 — 710	14 — 16
5	Motoare de gaze cu aprindere prin combustibil lichid (autoaprindere) . .	740 — 880	28 — 32

In funcție de aceste valori, avînd în vedere relațiile între temperatura și presiunea de admisie în cilindru,

$$p_2 = p_1 \varepsilon^{n_1}, \quad T_2 = T_1 \varepsilon^{n_1 - 1},$$

se verifică și se alege raportul de compresie necesar pentru motorul adaptat.

După cum s'a arătat în cursul expunerii, presiunea maximă care apare în cilindru în momentul arderii este :

32 — 40 ata la motoarele cu aprindere prin scînteie
60 — 65 ata la motoarele cu autoaprindere.

Randamentul motoarelor transformate pentru combustibil gazos este asemănător cu randamentul notoarelor, cu combustibil lichid cu același raport de compresie.

Din analiza bilanțului termic al motoarelor experimentate rezultă următoarele date statistice.

Valoarea randamentului efectiv la motoare cu aprindere prin scînteie $\eta_e = 20...25\%$. La motoarele cu raport de compresie mare, funcționare mixtă și autoaprindere $\eta_e = 30...35$.

La aprecierea randamentului general al instalației trebue să se țină seama că în cazul cînd se funcționează cu gaz de generator, randamentul gazogenului are o valoare 0,80...0,85%. In cazul cînd motorul este în doi timpi cu admisia gazului sub presiune la sfîrșitul cursei de compresie, trebue să se scadă din valoarea lucrului mecanic util, lucrul consumat de compresorul de gaze, antrenat separat.

Cu datele de bază arătate se deduc în mod teoretic următoarele scăderi aproximative de putere care apar la transformarea motoarelor Diesel pentru combustibil gazos (tabela 5).

Tabela 5

Nr. crt.	Felul motorului transformat	Felul combustibilului		Observații
		Gaze de gazogen	Gaz metan sau de sondă	
1	Motor în 4 timpi cu aprindere prin scânteie	−30...−50%	−15...−25%	In funcție de posibilitatea măririi raportului de compresie.
2	Motoare cu autoaprindere și amestec exterior	−20...−30%	− 8...−12%	
3	Motoare în 2 timpi cu autoaprindere și amestec interior la sfârșitul compresiei . .	−20...−25%	− 5...−10%	
4	Motoare cu cap incandescent	−30... 0%	−20...+20%	

Variația largă a limitelor se datorește variației coeficientului de exces de aer, a raportului de compresie și a randamentului efectiv la motoarele Diesel ce urmează a fi transformate. Influența cea mai însemnată o are coeficientul de exces de aer λ.

Pentru reducerea scăderii de putere, trebuie avute în vedere următoarele probleme, odată cu efectuarea transformării motorului.

1. Alegerea judicioasă a raportului de compresie, la o valoare cât mai ridicată.

2. Imbunătățirea randamentului volumetric al aspirației, ceeace este posibil prin reducerea rezistenței drumului de gaze, schimbînd construcția organelor de admisie, în special în ceeace privește mărirea secțiunii de trecere a supapelor și prin răcirea gazelor combustibile înainte de intrarea în motor.

3. Ridicarea puterii calorifice a gazelor și eliminarea din gaze a elementelor care nu sînt combustibile. In această privință este necesar a îmbunătăți în cazul gazogenelor procesul de gazeificare, a filtra gazele și a micșora umiditatea lor.

4. Mărirea presiunii aerului și gazelor la intrarea în motor (supraalimentarea motorului) metodă foarte rațională și întrebuințată în tehnica modernă în special prin echiparea motorului cu o suflantă antrenată cu turbină de gaze ce recuperează parțial energia gazelor de ardere la ieșirea lor din motor.

Aplicînd toate posibilitățile pentru readucerea motorului adaptat pentru funcționare pe gaze la puterea nominală se limitează scăderea de putere la 5...10%, ceea ce din punct de vedere energetic este foarte important.

Bibliografie

(1) *Inozemțev N. V.*: Curs de motoare termice. Oboroghiz, 1952.

(2) *Carpov N.*: Arderea amestecurilor gazoase în motoare. Mașghiz, 1951.

(3) *Kiracovski N. F.*: Motoare stabile cu gaze. Mașghiz, 1953.

(4) *Tvelcov V. T.*: Motoare cu ardere internă. Mașghiz, 1953.

(5) *Tuzu C.* și *Moțoiu C.*: Motoare Diesel. Ed. II, Edit. Tehnică, 1953.

(6) *Handov Z. A.* și *Genin A. B.*: Instalații de forță cu gaze pentru vase. Edit. Min. flotei fluviale U.R.S.S., 1951.

★

РАБОТА ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ГАЗООБРАЗНОМ ТОПЛИВЕ

Р е з ю м е

В статье рассматривается вопрос приспособления калоризаторных дизельных двигателей для работы на газообразном топливе в энергетической обстановке Р. Н. Р. Анализуются условия переделки этих двигателей, изучается развитие рабочего цикла, параметры которые нужно изменить и даются общие данные о характеристиках переделанных двигателей. Во второй части статьи описываются применяемые методы по приспособлению дизельных четырехтактных и двухтактных двигателей и калоризаторных двигателей указываясь общие данные позволяющие техническому персоналу ориентироваться в вопросе переделки этих двигателей в конкретных случаях встречающихся в нашей стране.

INFLUENȚELE VISCOLULUI ASUPRA EXPLOATĂRII REȚELELOR ELECTRICE

Dr. Ing. AUREL AVRAMESCU

Se expun solicitările la care au fost expuse rețelele electrice aeriene în cursul viscolului din februarie 1954 și se compară cu cele ale poleiului din 1953. Se calculează eforturile mecanice și variațiile parametrilor electrici. Se trag concluzii asupra comportării liniilor la intemperii și asupra măsurilor preventive de protecție ce se impun.

Viscolul de o rară intensitate și amploare care s-a abătut în zilele de 30 ianuarie—4 februarie 1954 asupra regiunilor din sudul țării, a avut între alte urmări, o influență demnă de interes asupra exploatării rețelelor electrice. Zăpada neobișnuit de abundentă și viscolită în anumite locuri, vîntul puternic și temperaturile scăzute au contribuit la crearea unor condiții cu totul excepționale în funcționarea și exploatarea rețelelor electrice de transport și distribuție de energie. Situația creată de viscol merită a fi examinată cu atenție pentru a se reaminti și preciza diferitele influențe și a se lua măsuri corespunzătoare pentru prevenirea întreruperilor de alimentare, evitarea avariilor și îmbunătățirea condițiilor de funcționare.

Problema cea mai interesantă este de a se constata dacă solicitările la care au fost supuse pe de o parte liniile electrice, pe de altă parte personalul de exploatare în timpul și după viscol au corespuns cu prevederile generale care stau la baza dimensionării constructive a elementelor componente ale rețelei și cu instrucțiunile curente de exploatare. Tot așa dacă din punct de vedere electric au apărut modificări calitative ale parametrilor rețelei, ce anume urmări au, sau pot să aibă aceste modificări asupra mersului normal al exploatării și ce măsuri preventive sînt de luat, peste cele cunoscute și aplicate.

Influențele viscolului au fost de natură mecanică, electrică și privind exploatarea însăși. Ele se vor examina în cele ce urmează din punct de vedere al calculelor, efectelor, al bazelor teoretice și al urmărilor asupra exploatării.

Cunoașterea acestor probleme și relații poate să intereseze nu numai personalul tehnic din întreprinderile de producere și distribuție dar și pe acela din institutele de proiectare și din fabricile constructoare de utilaj electric.

Fenomene observate. Din punct de vedere meteorologic viscolul din 30 ianuarie—4 februarie 1954 a fost caracterizat de vînturi puternice și în rafale, din direcția principală nord-est, de precipitații sub formă de o zăpadă fină, pulverizată, foarte mobilă, puțin aderentă și de temperaturi care au variat între —8 și —20 °C. Cantitatea de zăpadă căzută din zilele anterioare și în cele ale viscolului a fost excepțional de mare și a depășit în multe locuri 50 cm. Dată fiind mobilitatea mare a zăpezii în anumite porțiuni situate în umbra vîntului au fost aglomerate cantități mari de zăpadă, luate din alte locuri de vînt. S-au format astfel troiene și aglomerații locale de zăpadă cu o înălțime de 2—3 m deasupra solului normal. Aceste aglomerații locale de zăpadă viscolite au reprezentat în primul rînd obstacole greu de trecut pentru circulația pietonilor și în multe cazuri prohibitive pentru vehicule. Circulația la distanțe mai mari pe șosele și pe căi ferate a fost întreruptă pe multe direcții principale și secundare. Aceste dificultăți mari în circulația vehiculelor au fost caracteristice ca urmări ale viscolului. Ele au împiedicat deplasarea echipelor de restabilire a deranjamentelor și repararea avariilor la fața locului.

Este instructiv a compara fenomenele observate cu ocazia viscolului din 30 ianuarie—4 februarie 1954 cu cele ce au avut loc cu ocazia poleiului din zilele de 16—17 februarie 1953. Din cauza unei situații excepționale atmosferice, dată de un vînt foarte puternic îmbibat de umiditate, care a suflat peste o regiune supusă anterior unor temperaturi scăzute, poleiul s-a depus într-un strat gros, sticlos, de o densitate relativ mare cuprinsă între 0,8 și 0,9, pe toate suprafețele expuse vîntului, pe fire de iarbă, pe construcții, pe stîlpi, izolatori și conductori electrici. Grosimea poleiului depus pe stîlpi și conductori a fost de 3—4 cm întrecînd toate previziunile calculelor de dimensionare.

Toate șoselele au fost acoperite cu un strat de ghiață care a îngreunat mult circulația pietonilor și animalelor, dar nu a întrerupt în nici un caz circulația autovehiculelor și nu a stînjenit circulația pe căile ferate.

Dat fiind tabloul în totul diferit dat de viscol și de polei, este natural că influențele acestor fenomene asupra rețelelor electrice au fost diferite și comparația lor poate să scoată în evidență particularitățile fiecăruia.

Influențe mecanice. La prima vedere ar părea că un viscol atît de puternic și de o durată atît de lungă, care a paralizat în multe locuri circulația pe șosele și pe căi ferate, a făcut mari ravagii în rețelele electrice aeriene, care traversează cîmpiile spre a vehicula energia electrică, cea mai nobilă și apreciată formă de energie, consumatorilor industriali, casnici și agricoli fie în aglomerații mari, în metropolă și în orașe, fie în sate, cătune și fabrici sau șantiere izolate.

Intr-adevăr întreprinderile de distribuție au luat măsuri pentru a se asigura pe lîngă telecomunicațiile regionale și alimentarea cu energie

electrică și gaze naturale a regiunii bîntuite de viscol.

Este însă un fapt remarcabil că în general liniile electrice de transport și de distribuție au rezistat, fără a suferi avarii și deranjamente pe o scară mai largă, tuturor solicitărilor de natură mecanică provocate de viscol. Din acest punct de vedere trebuie să se afirme că în general normele de construcție și mai ales standardele de stat referitoare la construcția liniilor aeriene au corespuns, în ele solicitările reale la viscol fiind presupuse cu o suficientă margine de siguranță.

Că lucrările stau într-adevăr așa rezultă dintr-o examinare a solicitărilor la care este supusă o linie aeriană de energie, în timpul viscolului.

Vîntul puternic este concomitent cu precipitațiile abundente de zăpadă. Presiunea aerodinamică a vîntului asupra părților constructive ale liniei este majorată de masele de zăpadă vehiculate, care măresc impulsul mecanic mai ales în cursul rafalelor, a schimbării discontinue de viteză și direcție a vîntului. Dar zăpada viscolită este pulveriformă și puțin aderentă. Suprafețele construcțiilor nu sînt mărite prin depuneri de zăpadă. Presiunea vîntului la care se calculează stîlpii unei linii electrice de 100 kg/m^2 este ea însăși foarte mare și este clar că stîlpii ar trebui să reziste la presiunea aerodinamică exercitată de viscol — ceea ce s-a și întîmplat. Nu s-au observat ruperi de stîlpi în cursul viscolului din cauza presiunii vîntului.

S-a observat însă în anumite cazuri ruperi de conductori datorite presiunii și rafalelor vîntului. Cazurile respective se referă, în mod remarcabil, numai la linii cu conductori din funie de aluminiu pur, fără miez de oțel și numai pe traseele perpendiculare pe direcția vîntului. Intr-adevăr se știe că la întrebuințarea aluminiului pur pentru conductorii liniilor aeriene sînt de luat măsuri speciale de precauție din cauza rezistenței mult mai reduse (circa 18 kg/mm^2) față de cea a cuprului (circa 40 kg/mm^2). In afară de faptul că secțiunea conductorilor de aluminiu trebuie să fie mai mare din cauza conductibilității mai reduse, mai intervine o comportare caracteristică, dezavantajoasă a aluminiului la secțiuni mai mari. Anume rezistența la rupere a aluminiului pur scade pe măsură ce crește secțiunea, deoarece sîrmele se întăresc prin trefilare. La fire de 4 mm diametru se constată încă o rezistență de 17 kg/mm^2 pe cînd la fire de 10 mm diametru rezistența scade la 10 kg/mm^2. Din această cauză dealtfel prescripțiile nu admit fire masive în construcția liniilor aeriene de energie, ci numai funii. Este de asemenea clar că este mai favorabil ca funiile să fie confecționate din fire mai subțiri și mai numeroase. Diametri normali ai firelor sînt cuprinse între 1,7 și 3,0 mm. Sub 2,5 mm diametru firele trebuie să aibă o rezistență de 18 kg/mm^2. Cu toate acestea sarcina de rupere a unei funii de 50 mm^2 cu 1 + 6 = 7 fire din aluminiu pur este de numai 890 kg față de 1 980 kg la cupru dur [1]. La secțiunea de 35 mm^2 sarcinile respective sînt 585 și 1 375, ceea ce înseamnă că sarcinile suportate dau raportul de 1 : 2,35. Dacă se compară funii de egală conductibilitate diferența este mai mică, dar totuși poate juca un rol. Se poate compara astfel funia de cupru de 35 mm^2 avînd o rezistență de 0,525 Ω/km cu cea de aluminiu de 50 mm^2 avînd 0,587 Ω/km. Rezistențele la rupere sînt de 1 375 kg față de 890 kg, deci în raportul de 1 : 1,55. Incă funia de cupru suportă o sarcină cu mai mult de 50% mai mare [2].

Deci dacă liniile cu funii de aluminiu pur nu au rezistat la viscol, înseamnă că ele nu sînt indicate a se mai construi în general, sau în ori ce caz nu pe trasee perpendiculare pe direcția nord-est. De asemenea, dacă astfel de conductori se vor mai construi, întrebuințarea trebuie să fie restrînsă la linii de importanță secundară.

Soluția este de a se înlocui acești conductori, în lipsă de cupru cu funii de oțel aluminiu sau aldrey, care au rezistențe comparabile cu cele ale funiilor corespunzătoare din cupru.

In acest sens este de remarcat o tendință de a mări în funiile de oțel-aluminiu cota miezului de oțel de fiecare dată cînd se cere o funie cu o rezistență mecanică mare. Astfel, la funii de secțiunea nominală 50 mm^2 pentru proporții de 1 : 6 respectiv 1 : 4 între oțel și aluminiu se pot atinge sarcini de rupere de 1 600, respectiv 3 900 kg, deci prin mărirea proporției de oțel cu 50% se obține o majorare cu 145% a rezistenței la rupere.

In această ordine de idei este de remarcat faptul că poleiul a reprezentat o sarcină mult mai periculoasă pentru conductorii liniilor electrice. Astfel în zilele de 16—17 februarie 1953 s-au constatat depuneri de 3—4 cm de ghiață pe conductori și la astfel de sarcini suplimentare nu au rezistat nici funiile de cupru, nici cele normale de oțel aluminiu. Urmarea a fost întreruperea funcționării aproape a tuturor liniilor de transport și distribuție regională în acele zile. Gravitatea acestor defecțiuni a fost ușurată mult de faptul că toate căile de comunicație au rămas accesibile și astfel restabilirea avariilor s-a reușit a se face în timp foarte scurt.

In orice caz constatările cu ocazia poleiului din 1953 trebuie să constituie un material de studiu în vederea reexaminării dispozițiilor normative privind calculul de dimensionare a liniilor la rezistență mecanică (STAS R 1444—50, 1832—40, 1833—50 și STAS R 1890—50). Intr-adevăr grosimile de chiciură prevăzute de STAS pentru calcule sînt de 2,0 respectiv 1,7 cm pentru linii de categoria I în zona 1 respectiv 2 a țării, zone delimitate după o statistică a apariției chiciurei în trecut. Densitatea chiciurei sau ghieții fiind presupusă de 0,9, calculul se face cu un coeficient de siguranță de 2 pentru liniile normale și de 3 la încrucișări și traversări. După cum s-a constatat aceste ipoteze au fost depășite pe toată linia de chiciura din 1953.

în schimb ele au corespuns în timpul viscolului din 1954. Dar față de poleiul din 1953, viscolul din 1954 a obturat toate căile de comunicație mai importante. Orice defect apărut pe o linie a trebuit să aștepte zile întregi pînă cînd echipele de restabilire au reușit să se apropie și să pună în stare de funcționare linia. Cu această ocazie a trebuit să se facă apel la vehicule speciale cu șenile fără de care deplasarea de oameni și material pe șosele ar fi fost cu totul imposibilă. In ori ce caz a fost favorabil că liniile întrerupte din cauza viscolului au fost mult mai puține, decît cele oprite în funcționarea lor de către poleiul din 1953.

Ca un amănunt important de exploatare este de amintit faptul că existența unor posturi și secțiuni de exploatare regionale răspîndite în rețea a contribuit în largă măsură la restabilirea unor defecte de mai mică importanță, cauzate de viscol, într-un timp în care deplasarea unor echipe de la centrele mari de exploatare era imposibilă. Condițiile grave create de viscol confirmă astfel justețea unei măsuri organizatorice luate cu prevedere.

La apreciarea unor astfel de măsuri nu trebuie avut în vedere numai interesul de a scurta durata întreruperilor de alimentare, ci și recunoașterea faptului că personalul echipelor de restabilire a defectelor lucrează de multe ori în condiții extrem de grele. Intr-adevăr aceste echipe, care veghează ziua și noaptea pentru a interveni pleacă în caz de reclamații la orice oră și pe orice timp, la distanțe mari pe liniile unde au apărut defecte. Numai cine a lucrat și s-a deplasat des cu aceste echipe înțelege ce grea este munca lor. Noaptea pe ploaie, pe viscol, pe întuneric, echipele trebuie să cutreere șosele și drumuri de țară, să localizeze defectele, să se urce pe stîlpi înalți și să lucreze suspendați la 40 m deasupra solului, pe traverse întroenite, cu mîini înghețate, la ridicarea defectelor și restabilirea alimentării cu energie.

Influențe electrice. Zăpada are din mai multe puncte de vedere o influență asupra parametrilor electrici ai liniilor aeriene, ceea ce merită o atenție deosebită, pentru că apar anumite repercusiuni asupra comportării instalațiilor în general și asupra comportării în cursul unor deranjamente în special.

Viscolul și zăpada modifică capacitatea și inductanța față de pămînt a liniilor aeriene de transport și distribuție. In toate fenomenele în care cîmpul electric sau magnetic între conductorii liniei și pămînt intervine, comportarea liniei se va modifica într-un fel care trebuie cunoscut de tehnicienii și inginerii din exploatare. Influențele respective se cunosc atît calitativ cît și cantitativ, dar în condiții normale ele nu sînt atît de importante încît să merite o atenție specială. Viscolul din februarie a creat însă condiții cu totul neobișnuite. Din această cauză este clar că evidențierea modificării parametrilor electrici trebuie privită cu interes. Se va vedea de altfel că în condițiile respective ordinea de mărime a acestor modificări justifică acest interes.

Capacitatea față de pămînt. Un conductor de linie aeriană montat la înălțime h deasupra solului avînd o rază r are, după teoria cîmpurilor electrice [3]

$$C_p = \frac{\varepsilon_r}{2 \cdot 9 \ln\left(\frac{2h}{r}\right)} \quad \frac{\mu F}{km} \tag{1}$$

Dacă o linie aeriană are mai mulți conductori, atunci capacitatea scade din cauza influenței celorlalți conductori asupra potențialului conductorului considerat, Formula (1) se modifică și devine.

$$C_p = \frac{\varepsilon_r}{2 \cdot 9 \left[\ln \frac{2 h_m}{r} + 2 \ln \frac{2 h_m}{a} \right]} \quad \frac{\mu F}{km} \tag{2}$$

unde a este media geometrică a distanței dintre axele conductorilor, iar h_m înălțimea medie a pînzei de conductori deasupra solului.

Capacitatea față de pămînt a liniilor aeriene se calculează cu ajutorul formulei (2). Dacă se eaută influențele asupra capacității liniei ele trebuie să rezulte din examinarea acestei formule.

Influența înălțimii h deasupra solului interesează în mod deosebit deoarece viscolul a adunat sub multe linii cantități mari de zăpadă, care fiind bună conducătoare, a micșorat considerabil înălțimea medie h_m a pînzei de conductori.

Spre a evidenția această influență se studiază comportarea derivatei capacității în funcție de înălțime. Aceasta este, după cum se poate ușor deduce

$$\frac{\partial C_p}{\partial h_m} = - \frac{3 \varepsilon_r}{2 \cdot 9 \cdot h \left[\ln \frac{2h_m}{r} + 2 \ln \frac{2h_m}{a} \right]^2} \tag{3}$$

Combinînd această expresie cu (2) rezultă după unele calcule simple

$$\frac{\partial C_p}{\partial h_m} = - \frac{2 \cdot 3 \cdot 9}{h \varepsilon_r} C_p^2 \tag{4}$$

Aceste formule permit a se preciza influența înălțimii pînzei de conductor deasupra solului asupra capacității față de pămînt.

Intr-adevăr se vede că dacă *înălțimea scade* derivata crește rămînînd negativă, ceea ce înseamnă că influența înălțimii asupra capacității este mai mare dacă înălțimea este mai mică. Deci influența variațiilor înălțimii deasupra solului asupra capacității este mai accentuată la linii pe stîlpi scurți, de ex. la linii de joasă tensiune, decît la linii pe stîlpi înalți. Această comportare urmează a se scoate în evidență prin exemple. Din formula (4) mai rezultă că însăși valoarea capacității are un rol în apreciarea efectului înălțimii în sensul că la valori mai mari ale capacității influența este mai accentuată și invers la valori mai mici mai puțin accentuată.

Totodată din formulele (2) și (3) rezultă că și constanta dielectrică relativă ε_r are o influență asupra capacității în sensul, că dacă valoarea ei crește, se majorează atît capacitatea cît și influența asupra capacității la variații ale înălțimii.

In condițiile create de viscol se poate afirma că ambele influențe au fost prezente. Zăpada abundentă viscolită mai ales pe marginea șoselelor pe unde trec liniile a făcut să scadă în mod cu totul neașteptat înălțimea la care se afla pînza conductorilor deasupra nivelului zăpezii.

In același timp viscolul a modificat dielectricul între linie și pămînt prin vehicularea unei cantități importante de zăpadă în aer. Aceasta din urmă influență se poate evalua cantitativ în felul următor.

Ghiața și prin urmare și zăpada are [3] o constantă dielectrică relativă de

$$\varepsilon_r = 3{,}1$$

măsurată la $-18^{\circ}C$.

Dacă se presupune în aerul de sub linii o cotă x de zăpadă atunci constanta dielectrică a amestecului se calculează din media ponderată, care dă

$$\varepsilon_r = (1 - x) \cdot 1 + x.\, 3{,}1 = 1 + 2{,}1x \qquad (5)$$

Din această relație rezultă că la 10% zăpadă în aer constanta dielectrică, deci și capacitatea crește cu 21% iar la 20% zăpadă cu 42% ceea ce este considerabil. Bine înțeles că această influență încetează odată cu ninsoarea, constanta dielectrică revenind la valoarea unitară pentru aer. In schimb influența înălțimii păturii de zăpadă persistă.

Valoarea capacității față de pămînt a unei linii este dată însă nu numai de capacitatea pînzei de conductori, ci și de contribuția capacității izolatorilor și a stîlpilor. Pentru situații normale aceste contribuții se pot neglija sau introduce printr-o corecție în calcul, dar dacă prin depuneri masive de zăpadă dimensiunile geometrice ale izolatorilor și stîlpilor cresc peste valorile obișnuite, neglijările și corecturile nu mai sînt valabile și trebuie să se procedeze de fapt la o nouă evaluare a acestei influențe asupra capacității. Deducerea unei relații teoretice pentru majorarea capacității ar putea să servească drept obiect al unui studiu mai amănunțit, cu toate că este evident că influența aceasta nu este substanțială în comparație cu celelalte două studiate mai sus.

In orice caz rezultă din cele de mai sus că în zilele de viscol prin zăpada depusă sub linii și prin modificarea dielectricului au avut loc variații ale capacității electrice a liniilor care urmează a se stabili în cele ce urmează pe datele concrete ale liniilor noastre regionale.

Inductanța liniei. Valoarea inductanței față de pămînt depinde la fel ca cea a capacității de înălțimea liniei și de diametrul conductorului. Formula teoretică pentru un conductor este

$$L_p = 2\left(\ln\frac{2\,h_m}{r} - 1 + \frac{\mu}{4}\right) \qquad (6)$$

Relația este valabilă cu condiția ca păturile superficiale ale solului să aibă o conductibilitate minimă.

Inductivitatea unui circuit monofazic (doi conductori) este dată de formula

$$L_p = \frac{2}{10^4}\left(\ln\frac{a}{r} - 0{,}75\right)\left[\frac{H}{\text{km}}\right] \qquad (7)$$

și nu mai depinde de distanța de la pămînt, ci numai de distanța între fire. Același caz este valabil și pentru linii trifazice.

Inductivitatea unui conductor față de pămînt interesează în acest sens numai în cazul punerii la pămînt accidentale a unui conductor. Inductivitatea conductorului poate compensa în acest caz o parte din capacitanță și micșora curentul de punere la pămînt. Dar acest efect este observat numai în linii lungi de înaltă și foarte înaltă tensiune, a căror inductanță este foarte mare. Acest fapt este unul din motivele pentru care astfel de linii se leagă cu neutrul direct la pămînt, deoarece curentul capacitiv la distanțe mari devine de ordinea de mărime a curentului inductiv de scurt circuit monofazic.

Calculul influenței capacității. Din calculele teoretice de mai sus rezultă că mai ales capacitatea față de pămînt depinde de înălțimea nivelului păturii conductoare de sub linie. Pentru a stabili cantitativ influența păturii de zăpadă asupra capacității, este cazul să se calculeze variația capacității față de pămînt în funcție de diferite înălțimi ale pînzei de conductori.

Calculul numeric este dificil din cauză că formula (2) nu se poate calcula cu rigla. Din acest motiv autorul a dedus o monogramă cu puncte aliniate avînd patru scări gradate și care permite obținerea imediată a valorilor capacității față de pămînt.

Pentru aceasta expresia (2) se scrie pentru aer ($\varepsilon_r = 1$) cu logaritmi zecimali:

$$C_p = \frac{1}{2\cdot 9\left(2{,}3\lg\frac{2\,h_m}{r} - 2{,}3\lg\frac{2h_m}{a}\right)} \qquad (8)$$

Făcînd calculele rezultă

$$13{,}8\lg 2h_m - 9{,}2\lg a - 4{,}6\lg r = \frac{1}{9\,C_p} \qquad (9)$$

care se poate ordona în felul următor

$$13{,}8\lg 2\,h - \frac{1}{9\,C_p} = t = 9{,}2\lg a + 4{,}6\lg r$$

în două relații aditive, ce se pot reprezenta prin două monograme de tip aditiv cu o axă oarbă t comună.

Nomograma construită astfel este cea reprezentată în fig. 1. Ea permite un calcul grafic ușor al formulai (2).

Calculul s-a aplicat următoarelor tipuri de linii regionale de medie tensiune fără conductori de protecție:

1) Linie de 15 kV r = 0,375 cm a=1,13 m h_m= 8 m
2) Linie de 25 kV r = 0,45 cm a=2,5 m h_m= 9 m
3) Linie de 35 kV r = 0,45 cm a=2,9 m h_m= 7,9 m
4) Linie de 35 kV r = 0,45 cm a=2,9 m h_m= 8,7 m
5) Linie de 15 kV r = 0,45 cm a=1 m h_m=10 m
6) Linie de 60 kV r = 0,45 cm a=2,5 m h_m=15 m

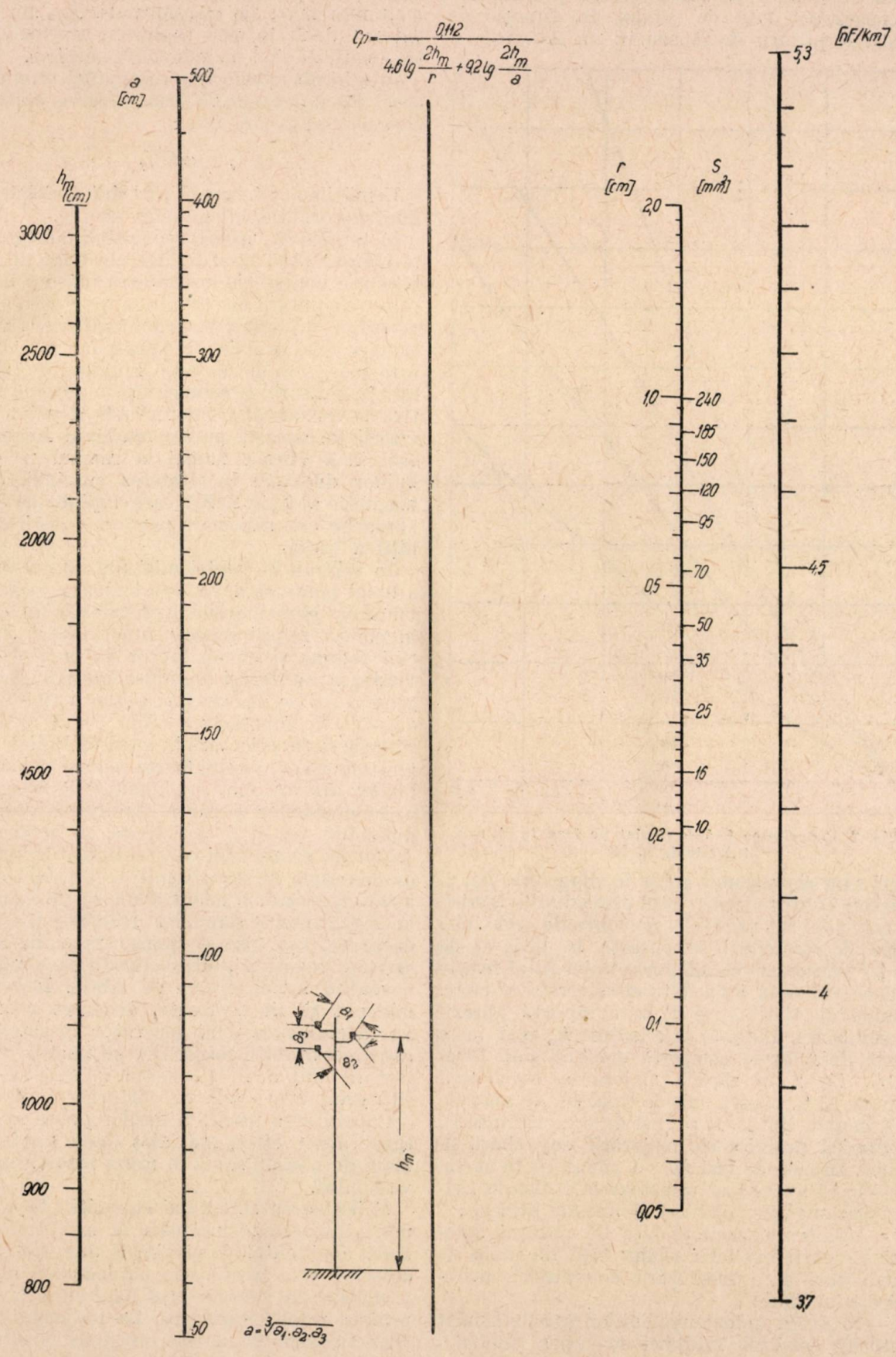


Fig. 1. Variația capacității liniilor regionale cu înălțimea zăpezii

S-a calculat și tabulat creșterea procentuală a capacității față de pămînt în funcție de creșterea păturii de zăpadă în m. Aceste cre-

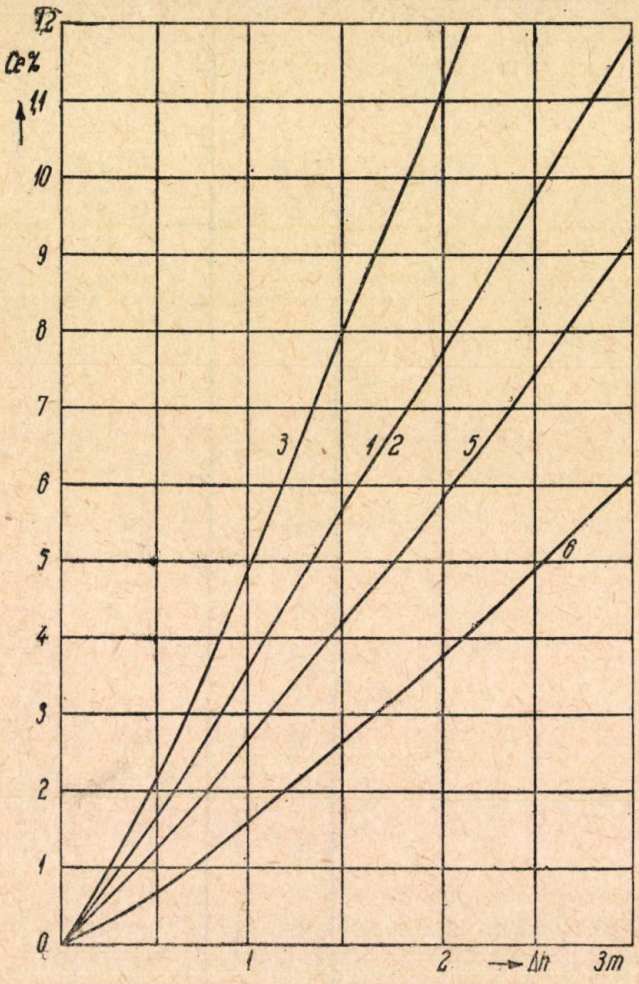


Fig. 2. Capacitatea față de pămînt pe faza în sisteme trifazate de 50 Hz

șteri s-au reprezentat grafic în diagrama fig. 2. Curbele confirmă întru totul previziunile teoriei.

Intr-adevăr variațiile procentuale cele mai mari ale capacității se constată la linia 3) de 35 kV din cauză că înălțimea liniei fiind relativ redusă valoarea capacității ei este relativ mare. Liniile de tipul 1) și 2) se comportă aproximativ la fel. Linia 5) cu o înălme h_m mai mare decît linia 1) se comportă evident mai favorabil. La 2 m zăpadă majorarea capacității este de 11% pentru linia de tipul 3), de aproape 8% pentru liniile 1) și 2) și de 6% la linia 5).

Urmări practice ale majorării capacității liniilor. In cele de mai sus s-a văzut că în cursul viscolului au apărut următoarele influențe asupra parametrilor electrici ai liniilor aeriene;

— mărirea capacității față de pămînt datorită ridicării nivelului solului față de pînza de conductori și a modificării constantei dielectrice a aerului;

— scăderea inductanței liniilor față de pămînt datorită scăderii înălțimei deasupra solului a pînzei de conductori.

Efectul al doilea este neglijabil din cauză că liniile de medie tensiune au inductanțe relativ reduse, care, fiind legate în serie cu inductanțele mult mai mari ale transformatorilor, nu influențează decît în mod neglijabil mărimile electrice care depind de inductanța liniilor.

In schimb modificarea capacității rămîne eficace. Ea se manifestă prin mărirea curentului capacitiv al fiecărei faze :

$$I_c = \omega C U_f \qquad (10)$$

Urmările acestei modificări sînt multiple unele fiind favorabile, altele defavorabile.

a) Se știe că puterea capacitivă înmagazinată în cîmpul electric al liniilor electrice de înaltă tensiune contribuie în oarecare măsură la compensarea puterii reactive inductive cerute generatorilor de către consumatorii reactivi. De exemplu la o linie de transport de 100 kV care merge în gol, avînd o lungime de 100 km, este în măsură să compenseze o sarcină inductivă de aproximativ 2 000 kVAR, degajînd generatorii de această putere reactivă. Acest efect este însă eficace numai la mersul în gol al liniilor deoarece la creșterea sarcinei, cîmpul magnetic al liniei însăși, care depinde de curent, absoarbe cea mai mare parte a puterii capacității a liniei.

In schimb la sarcini mici puterea capacitivă a liniei poate să devină periculoasă pentru stabilitatea generatorilor. Intr-adevăr se știe că în cursul nopții rețelele funcționează cu sarcini reduse și cu un factor de putere mărit. Pentru a nu depăși tensiunea normală în rețea, generatorii se desexcită și ajung astfel aproape de zona de funcționare labilă. Dacă în această situație se funcționează în rețea cu linii de înaltă tensiune avînd sarcini foarte reduse, capacitatea liniilor are un efect suplimentar de dezexcitare a generatorilor a căror stabilitate statică și dinamică poate fi periclitată în mod serios. Astfel de efecte s-au constatat des în camerele de comandă și electricienii de serviciu știu că noaptea la sarcini mici trebuie să fie mai atenți la repartizarea sarcinilor reactive pe unități deoarece, așa cum se spune, „mașinile își fură sarcina reactivă", desexcitîndu-se complet și devenind astfel extrem de labile. Repercusiunile pot să fie neplăcute, deoarece decroșarea sau declanșarea unui generator înseamnă descărcarea unității respective pe partea termică, într-un timp de lipsă generală de sarcină, resimțită greu într-o sală de căldări cu aburi.

Capacitatea mărită a liniilor poate să accentueze acest efect, mai ales dacă sarcina normală de noapte scade în urma altor urmări ale viscolului.

b) Valoarea curentului capacitiv față de pămînt interesează mai ales în legătură cu punerea accidentală la pămînt a unei faze a liniei defect foarte frecvent în exploatarea rețelelor. Urmările sînt diferite după felul cum este tratat neutrul rețelei respective. La majoritatea rețelelor noastre de medie tensiune neutrul este izolat, la unele este pus la pămînt prin intermediul unei bobine de stingere. La rețele cu neutrul izolat, majorarea capacității față de

pămînt ar putea avea urmări neplăcute în cazul limită cînd curentul capacitiv normal al rețelei nu este încă în măsură a menține un arc de punere la pămînt, deci este mai mic de 5—7 A după tensiunea rețelei. In astfel de cazuri o majorare de exemplu cu 20% a curentului capacitiv ar putea să treacă o rețea din categoria acelora, la care un arc de punere la pămînt nu se poate menține, în categoria celor cu arcuri permanente de punere la pămînt. Acest fapt este destul de serios pentru a merita o examinare atentă din partea inginerilor din exploatare, bine înțeles acolo unde este cazul. Stabilirea valorii curenților de punere la pămînt este mult ușurată de utilizarea nomogramei fig. 1. Calculele sînt foarte simple și totul se reduce la confruntarea rezultatelor teoretice cu cele constatate în rețea cu ocazia diferitelor puneri accidentale la pămînt.

In cazul cînd rețelele sînt echipate cu bobine de stingere urmările sînt imediate și evidente. Bobina stinge curenții de punere la pămînt ai rețelei numai dacă valoarea curentului capacitiv de punere la pămînt este egal cu cea a curentului inductiv care trece prin bobină. Condiția respectivă a rezonanței este dată de relația :

$$3\,\omega^2 LC = 1 \qquad (11)$$

Prin aceasta se anulează însă numai componența reactivă a curentului de punere la pămînt, cea activă, deobicei mai mică, denumită reziduală, nefiind de regulă suficientă spre a menține arcul la pămînt. Dacă acordul nu este însă pe rezonanță ci sub rezonanță, fie din cauză că bobina nu are prize potrivite, fie că au apărut modificări ale rețelei care au schimbat capacitatea (porțiuni de linii sau cabluri noi racordate), atunci este ușor posibil ca o majorare cu 10—20% a capacității să aibă o influență importantă în sensul că valoarea reglată a inducției bobinei să nu fie justă și arcurile de punere la pămînt să nu fie stinse prin efectul exercitat de bobină.

Se impune deci în rețele cu bobine de stingere o supraveghere și un control mai amănunțit al acordării bobinelor în timpul viscolelor cu ninsoare abundentă.

In multe cazuri va fi nevoie ca bobina de exemplu să fie trecută pe un alt plot. In cazul cînd bobinele au un reglaj automat, bine înțeles că această grijă dispare.

Concluzii. 1. Din cele de mai sus s-a văzut că viscolul și poleiul creiază pentru exploatare situații dificile dar de natură diferită.

2. Avariile constatate pe liniile aeriene ca urmare a viscolului din 1954 sînt mult mai ușoare, decît cele ale poleiului din anul 1953. In consecință numărul și importanța liniilor întrerupte au fost mult mai reduse decît în perioada poleiului din 1953.

3. Restabilirea defectelor apărute în rețelele aeriene a fost mult mai dificilă în cursul viscolului și după viscol, decît la poleiul din 1953, din cauza opririi aproape integrale a circulației autovehiculelor normale pe șosele. Existența posturilor regionale de exploatare s-a dovedit a fi salutară pentru ridicarea în termen scurt a unor avarii de mică importanță și restabilirea alimentării.

4. Efectele mecanice ale viscolului nu s-au simțit decît la linii cu conductori din aluminiu pur pe trasee perpendiculare pe direcția vîntului, unde conductorii au fost rupți în mai multe cazuri. Se impune ca liniile de înaltă tensiune în această situație să fie echipate cu conductori din oțel-aluminiu sau cupru.

5. Dintre efectele electrice ale viscolului cel mai remarcabil este mărirea capacității față de pămînt a conductorilor activi la linii fără conductori de protecție, ceea ce poate majora curentul de punere la pămînt, cu urmarea că acordul bobinelor de stingere existente se strică și trebuie reajustat. In lipsa acestora arcul de punere la pămînt se poate menține în rețele la care curentul capacitiv normal era la limita valorii critice.

6. Din punctul de vedere al viscolului standardele și prescripțiile pentru proiectarea și construcția liniilor aeriene se pot considera corespunzătoare. Este de remarcat că poleiul din februarie 1953 a întrecut limitele prevăzute în normele de calcul și liniile s-au rupt. Din această cauză sarcina suplimentară la polei urmează a fi reexaminată.

7. Personalul de exploatare care în caz de viscol sau polei lucrează în condiții extrem de grele la restabilirea alimentării cu energia, de care depinde în mod fundamental funcționarea serviciilor publice, producția industrială și funcționarea instituțiilor publice și private, merită considerația deosebită a tuturor pentru spiritul de sacrificiu și abnegația cu care și-a împlinit datoria.

Bibliografie

[1] *Glazunov A. A.:* Rețelele sistemelor electrice. Ed. Tehnică, București, 1951.

[2] *Militaru P.:* Transportul, distribuția și utilizarea energiei electrice. Editura Tehnică, București, 1951.

[3] Manualul Inginerului Electrician. Ed. Tehnică, București 1953.

[4] *Mauduit A.:* Installations électriques á haute et basse tension. Tom. 2 ed. 2 Dunod, Paris, 1950.

[5] *Șiromniatnicov I. A.:* Exploatarea liniilor de transmisie electrice. G. E. I. Moscova-Leningrad, 1952.

★

ВЛИЯНИЕ МЕТЕЛИ НА ЭКСПЛОАТАЦИЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Резюме

Описываются нагрузки которым были подверженны воздушные электрические сети во время метели бывшей в феврале 1954 г. и сравниваются с действием гололеда в 1953 г. Расчитываются механические усилия и изменения электрических нагрузок. Даются заключения о поведении линий при непогоде и о необходимых защитных мерах.

SINCRONIZAREA AUTOMATĂ A GENERATORILOR SINCRONI

Conf. Ing. C. I. PENESCU

Articolul prezintă prima parte a problemei „Sincronizării automate a generatorilor sincroni" și anume considerațiile teoretice asupra fenomenelor ce se petrec înaintea și în momentul cuplării. Se calculează și se dau rezultatele asupra valorilor tensiunii înainte de cuplare și se descriu fenomenele ce se întîmplă în cazul unei cuplări ce se efectuează în condiții de inegalitate de tensiune, frecvență și fază. Se dau relațiile care conduc la alegerea alunecării maxime în regim asincron la care se mai poate efectua cuplarea. Într-un articol viitor se vor arăta dispozitivele de sincronizare automată, precum și modul de calcul.

Pentru cuplarea în paralel a generatorilor sincroni se folosește, după cum se cunoaște, operația de „sincronizare" care constă din aceea de a se aduce ca mărimile electrice ce caracterizează puterea electrică produsă: tensiune, frecvență, să fie identice între generatorul ce se cuplează și generatorii în funcțiune. Totalitatea operațiilor necesare pentru aducerea la îndeplinire a condițiilor de mai sus, se înglobează în termenul general de „*sincronizare*".

Sincronizarea este — în general — penibilă și dacă nu este executată cu grije poate da naștere la urmări destul de neplăcute, ca de exemplu:

— solicitări termice și dinamice în generatori,

— solicitări dinamice asupra aparatajului electric,

— mărirea timpului de punere în paralel.

Ultima cauză poate produce perturbații deosebit de serioase într-o exploatare energetică; într-adevăr, centralele de vîrf au datoria să înceapă să debiteze putere în rețelele energetice în cel mai scurt timp posibil.

Dacă o sincronizare durează prea mult timp sau nu reușește, se pierde un timp prețios care dăunează exploatării energetice respective din două puncte de vedere:

— prin neintervenirea la timp a centralei de vîrf, ceea ce va necesita, eventual, sacrificii în alimentarea consumatorilor;

— prin pierderea de energie datorită funcționării în gol a agregatului ce se sincronizează.

Se cunoaște că, în general, personalul de exploatare al centralelor electrice este foarte sensibil la această operațiune. O sincronizare nereușită impresionează foarte defavorabil și creează o frică persoanei respective, frică ce se traduce prin întîrziere inadmisibilă a cuplării în paralel la o operațiune ulterioară.

Toți acești factori influențează în rău întregul proces de producere al energiei electrice, micșorînd randamentul economic al centralei și al întregului sistem energetic.

Pentru a se elimina aceste desavantaje, se utilizează actualmente, pe o scară din ce în ce mai largă, dispozitive automate de sincronizare; acestea, pornind dela un impuls manual, realizează în întregime întregul proces în minimum de timp și nu se opresc decît la cuplarea în paralel a generatorului.

In cele ce urmează se vor arăta considerentele teoretice ale cuplării în paralel a generatorilor sincroni și apoi sistemele de sincronizare automată.

1. **Variația tensiunilor și curenților în momentul cuplării.** Inainte de a studia dispozitivele automate de punere în paralel, să vedem ce se întîmplă la un generator care nu este cuplat pe bare.

Vom presupune în fig. 1 generatorul G, care trebuie cuplat pe barele I alimentată dela sistemul energetic reprezentat simbolic ca un generator G_2.

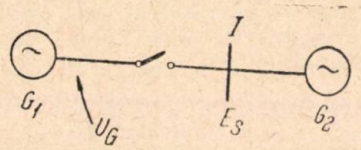


Fig. 1. Generatorul G_1 de cuplat la barele 1.

Vom nota cu:

U_G — amplitudinea tensiunii la barele I (pe fază);

E_S — amplitudinea tensiunii la barele I (pe fază);

ω_G — pulsația tensiunii dela bornele generatorului G_1;

ω_S — pulsația tensiunii pe barele I;

u_G — valoarea instantanee a tensiunii la bornele generatorului G_1 (pe fază);

e_S — valoarea instantanee a tensiunii la barele I (pe fază).

In acest caz putem scrie:

$$e_s = E_s \sin(\omega_s t + \varphi_1) \qquad (1)$$

și

$$u_g = U_G \sin(\omega_G t + \varphi_2). \qquad (2)$$

Tensiunea rezultantă, la bornele întrerupătorului va fi (fig. 2)

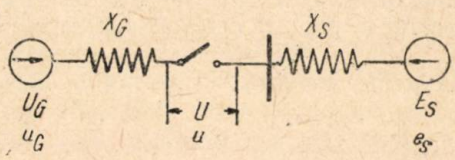


Fig. 2. Compunerea tensiunilor înainte de momentul cuplării în paralel.

$$\bar{U} = \bar{U}_g - \bar{E}_s$$

sau în valori instantanee

$$\bar{u} = \bar{u}_g - \bar{e}_s.$$

Inlocuind cu valorile (1) și (2) se obține:

$$u = U_G \sin(\omega_G t + \varphi_2) - E_s \sin(\omega_s t + \varphi_1)$$

In calculul simbolic:

$$e_s = E_s e^{j(\omega_s t + \varphi_1)} = E_s e^{j\omega_s t} e^{j\varphi_1}$$

$$u_g = U_g e^{j(\omega_G t + \varphi_2)} = U_g e^{j\omega_G t} e^{j\varphi_2}$$

Notăm prin

$$\alpha = \omega_s t + \varphi_1 \quad (3)$$

$$\beta = \omega_G t + \varphi_2. \quad (4)$$

Deci

$$e_s = E_s e^{j\alpha} \quad (5)$$

$$u_G = U_G e^{j\beta}. \quad (6)$$

Din diferența vectorială a acestor tensiuni se obține:

$$u = U_G e^{j\beta} - E_s e^{j\alpha}.$$

Tensiunea u va fi:

$$u = U e^{j\gamma}$$

Din diagrama vectorială dela fig. 3 se vede că

$$U = \sqrt{U_G^2 + E_s^2 - 2 U_G E_S \cos(\beta - \alpha)} \quad (8)$$

sau

$$\boxed{U = \sqrt{U_G^2 + E_S^2 - 2 U_G E_S \cos[(\omega_G - \omega_S) t + (\varphi_2 - \varphi_1)]}}$$

Pentru calcularea argumentului γ vom calcula din triunghiu $O\ U\ U_G$:

$$\frac{U_G}{\sin[(\beta - \alpha) + \varepsilon]} = \frac{U}{\sin(\beta - \alpha)} = \frac{E_s}{\sin \varepsilon}$$

$$\sin \varepsilon = \frac{E_s}{U} \sin(\beta - \alpha) \quad (9)$$

ori

$$\gamma = \beta + \varepsilon \quad (10)$$

deci:

$$\gamma = \beta + \text{arc sin} \frac{E_s}{U} \sin(\beta - \alpha) \quad (10)$$

și deci:

$$u = U e^{j\gamma} = \sqrt{U_G^2 + E_s^2 - 2 U_G E_S \cos(\beta - \alpha)}\ e^{j\left[\beta + \text{arc sin} \frac{E_s \sin(\beta - \alpha)}{\sqrt{U_G^2 + E_s^2 - 2U_G E_s \cos(\beta - \alpha)}}\right]} \quad (14)$$

însă β și α sînt funcții de ω_G și ω_S:

$$u = \sqrt{U_G^2 + E_s^2 - 2 U_G E_s \cos[(\omega_G - \omega_s) t + (\varphi_2 - \varphi_1)]}\ e^{j\left[\omega_G t + \varphi_2 + \text{arc sin} \frac{E_s \sin[(\omega_G - \omega_s) t + (\varphi_2 - \varphi_1)]}{\sqrt{U_G^2 + E_s^2 - 2U_G E_s \cos[(\omega_G - \omega_s) t + (\varphi_2 - \varphi_1)]}}\right]}$$

Relația (11) ne dă valoarea vectorială a lui u; deosebim mai multe cazuri:

Cazul I:

$$|U_G| = |E_s|$$

$$\varphi_1 = \varphi_2$$

$$\omega_G = \omega_s$$

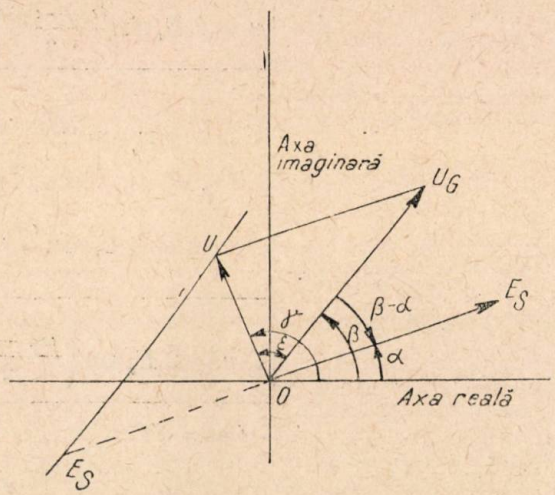


Fig. 3. Diagrama vectorială a tensiunilor l_s, u_g și a rezultantei U.

In acest caz rezultă:

$$u = 0. \quad (12)$$

Cazul II:

$$|U_G| \neq |E_s|$$

$$\omega_G = \omega_s$$

$$\varphi_1 = \varphi_2 = 0.$$

Deci

$$u = \sqrt{U_G^2 + E_s^2 - 2 U_G E_s}\ e^{j\omega_G t}$$

sau

$$\boxed{u = (U_G - E_s)\ e^{j\omega_G t}} \quad (13)$$

Cazul III:

$$|U_G| = |E_s|$$

$$\omega_G \neq \omega_s$$

$$\varphi_1 = \varphi_2 = 0.$$

Deci

$$u = \sqrt{E_s^2 + E_s^2 - 2E_s^2 \cos(\omega_G - \omega_s)\, t}\; e^{j\left[\omega_G t + \arcsin \frac{E_s \sin(\omega_G - \omega_s)\, t}{\sqrt{E_s^2 + E_s^2 - 2E_s^2 \cos(\omega_G - \omega_s)\, t}}\right]}$$

sau :

$$u = 2\, E_s \sin \frac{(\omega_G - \omega_s)\, t}{2}\, e^{j\left[\omega_G t + \arcsin \frac{\sin(\omega_G - \omega_s)\, t}{2 \sin \frac{(\omega_G - \omega_s) t}{2}}\right]}$$

$$u = 2\, E_s \sin \frac{(\omega_G - \omega_s)\, t}{2}\, e^{j\left[\omega_G t + \arcsin\left(\cos \frac{\omega_G - \omega_s}{2}\right) t\right]}$$

$$u = 2\, E_s \sin \frac{(\omega_G - \omega_s)\, t}{2}\, e^{j\left[\left(\frac{\omega_G + \omega_s}{2}\right) t + \frac{\pi}{2}\right]}$$

$$u = 2\, E_s \sin\left(\frac{\omega_G - \omega_s}{2}\right) t\; j\; e^{j\left(\frac{\omega_G + \omega_s}{2}\right) t} \qquad (14)$$

Cazul IV :

$$|U_G| = |E_s|$$

$$\omega_G = \omega_s$$

$$\varphi_1 \neq \varphi_2$$

$$u = \sqrt{2E_s^2 - 2E_s^2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)}\; e^{j\left[\omega_G t + \varphi_2 + \arcsin \frac{E_s \sin(\varphi_2 - \varphi_1)}{\sqrt{2E_s^2 - 2E_s^2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)}}\right]}$$

sau

$$u = 2\, E_s \sin\left(\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2}\right) e^{j\left[\omega_G t + \varphi_2 + \arcsin \frac{1}{2} \frac{\sin(\varphi_2 - \varphi_1)}{\sin \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2}}\right]}$$

sau

$$u = 2\, E_s \sin\left(\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2}\right) j\; e^{j\left[\omega_G t + \frac{\varphi_2 + \varphi_1}{2}\right]} \qquad (15)$$

Cazul V :

$$|U_G| \neq |E_s|$$

$$\omega_G \neq \omega_s$$

$$\varphi_1 = \varphi_2 = 0$$

$$u = \sqrt{U_G^2 + E_s^2 - 2U_G E_s \cos[(\omega_G - \omega_s)\, t]}\; e^{j\left[\omega_G t + \arcsin \frac{E_s \sin(\omega_G - \omega_s) t}{\sqrt{U_G^2 + E_s^2 - 2U_G E_s \cos(\omega_G - \omega_s) t}}\right]} \qquad (16)$$

Cazul VI :

$$|U_G| \neq |E_s|$$

$$\omega_G = \omega_s$$

$$\varphi_1 \neq \varphi_2 \neq 0$$

$$u = \sqrt{U_G^2 + E_s^2 - 2\, U_G E_s \cos(\varphi_2 - \varphi_1)}\; e^{j\left[\omega_G t + \varphi_2 + \arcsin \frac{E_s \sin(\varphi_2 - \varphi_1)}{\sqrt{U_G^2 + E_s^2 - 2U_G E_s \cos(\varphi_2 - \varphi_1)}}\right]} \qquad (17)$$

Cazul VII :

$$U_G = E_s$$

$$\omega_G \neq \omega_s$$

$$\varphi_1 \neq \varphi_2 \neq 0,$$

se reduce la cazul III dacă notăm :

$$\omega_G t + \varphi_2 = \Omega_G$$

$$\omega_s t + \varphi_1 = \Omega_s$$

sau :

$$u = 2 E_s \sin \frac{\Omega_G - \Omega_s}{2} e^{j\left[\Omega_G + \arcsin \frac{\sin(\Omega_G - \Omega_s)}{2 \sin \frac{\Omega_G - \Omega_s}{2}}\right]}$$

și înlocuind

$$u = 2E_s \sin \frac{(\omega_G - \omega_s)\, t + \varphi_2 - \varphi_1}{2} e^{j\left[\omega_G t + \varphi_2 + \arcsin \frac{\sin(\omega_G t - \omega_s t + \varphi_2 - \varphi_1)}{2 \sin \frac{\omega_G t - \omega_s t + \varphi_2 - \varphi_1}{2}}\right]}$$

sau

$$u = 2 E_s \sin \frac{(\omega_G - \omega_s)\, t + (\varphi_2 - \varphi_1)}{2} j\, e^{j\left[\frac{(\omega_G + \omega_s)\, t + (\varphi_2 + \varphi_1)}{2}\right]} \qquad (18)$$

In valori reale :

Cazul I $u = 0.$ (19)

Cazul II $u = (U_G - E_s) \sin \omega_G t$ (20)

Cazul III

$$u = 2 E_s \sin \frac{(\omega_G - \omega_s)\, t}{2} \cos \frac{(\omega_G + \omega_s)\, t}{2} \qquad (21)$$

Cazul IV

$$u = 2 E_s \sin \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2} \cos \left(\omega_G t + \frac{\varphi_2 + \varphi_1}{2}\right) \qquad (22)$$

Cazul V

$$u = \sqrt{U_G^2 + E_s^2 - 2 U_G E_s \cos[(\omega_G - \omega_s)\, t]} \sin\left[\omega_G t + \right.$$

$$\left. + \arcsin \frac{E_s \sin(\omega_G - \omega_s)\, t}{\sqrt{U_G^2 + E_s^2 2 U_G E_s \cos(\omega_G - \omega_s)\, t}}\right] \qquad (23)$$

Cazul VI

$$u = \sqrt{U_G^2 + E_s^2 - 2 U_G E_s \cos(\varphi_2 - \varphi_1)} \sin\left[\omega_G t + \right.$$

$$\left. + \varphi_2 + \arcsin \frac{E_s \sin(\varphi_2 - \varphi_1)}{\sqrt{U_G^2 + E_s^2 - 2 U_G E_s \cos(\varphi_2 - \varphi_1)}}\right] \qquad (24)$$

Cazul VII

$$u = 2 E_s \sin \frac{(\omega_G - \omega_s)\, t + (\varphi_2 - \varphi_1)}{2} \cos$$

$$\frac{(\omega_G + \omega_s)\, t + (\varphi_2 + \varphi_1)}{2} \qquad (25)$$

Reprezentările grafice sînt redate în fig. 4 și fig. 5.

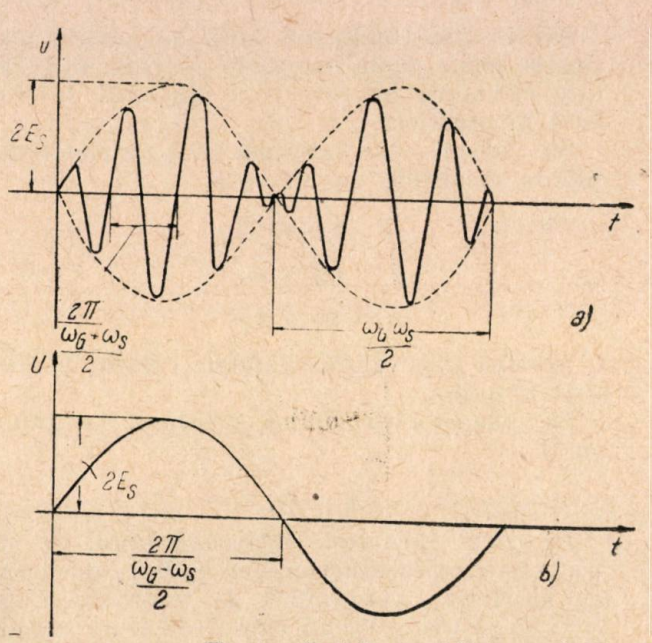


Fig. 4 *a*. Variația $u = f(t)$ în cazul III.
Fig. 4 *b*. Reprezentarea variației amplitudinii în cazul III.

Reprezentarea în cazurile II, VI, VIII este asemănătoare cu una din reprezentările dela fig. 4 sau fig. 5.

Se observă că tensiunea u va da naștere la un curent prin impedanțele X_G ale generatorului G_1 și X_s a rețelei, în cazul închiderii întrerupătorului.

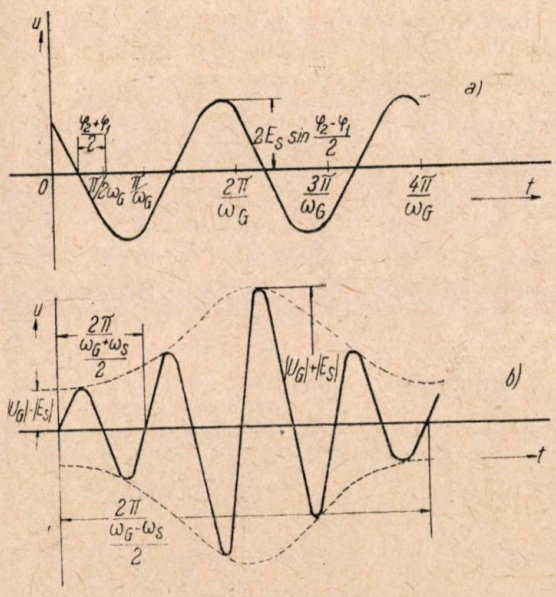


Fig. 5. Reprezentarea variațiilor instantanee $u = f(t)$:

Pentru ca acest curent să fie nul, trebuie îndeplinite condițiile (cazul I :)

1. $|U_G| = |E_s|$ Condiția de egalitate a tensiunilor.

2. $\omega_G = \omega_s$ Condiția de egalitate a frecvențelor.

3. $\varphi_1 = \varphi_2$ Condiția de egalitate a fazei

Aceste trei condițiuni fiind îndeplinite mașina se poate cupla în paralel pe bare, în realitate obținerea lor este însă imposibil de realizat în practică.

Să vedem ce se întîmplă dacă nu sînt îndeplinite condițiile de mai sus.

Cazul 1 $|U_G| \neq |E_s|$

$$\omega_G = \omega_s$$

$$\varphi_1 = \varphi_2 = 0.$$

Acestea sînt valorile valabile cazului II studiat anterior.

Se vede că amplitudinea tensiunii rezultantă va fi

$$U_G = E_s = U.$$

In cazul închiderii întrerupătorului se va naște în circuitul reactanțelor X_G și X_s un curent de circulație, determinat de tensiunea U și care va echivala cu un curent de scurt circuit Considerînd origina timpurilor momentul închiderii întrerupătorului amplitudinea curentului la timpul $t = 0$ va fi :

$$i_{soc} = \frac{1{,}8\ U}{X'_G + X'_s} \qquad (26)$$

în care X'_G și X_s sînt valorile reactanțelor generatorului și sistemului după trecerea regimului aperiodic, adică reactanțele corespunzătoare regimului subtranzitoriu. Coeficientul 1,8 ține seama de componenta aperiodică a curentului de scurt circuit.

Dacă dorim să exprimăm relația (26)în valori relative, față de valorile nominale, atunci diversele elemente se pot nota :

$$U_* = \frac{U}{E_{s\,nom}}$$

$$X_* = \frac{X}{X_{nom}} = \frac{X \cdot I_{nom}}{E_{s\,nom}}$$

$$i_* = \frac{i}{I_{nom}}$$

care înlocuite în (26) :

$$i_{*\,soc}\, I_{nom} \frac{1{,}8\ U\, E_{s\,nom}}{(X'_{G_*} + X'_{s_*})} \frac{E_{s\,nom}}{I_{nom}}$$

$$i_{*\,soc} = \frac{1{,}8\ 26}{X'_{G_*} + X'_{s_*}} \qquad (27)$$

Valoarea nominală a tensiunii s-a considerat aceea a sistemului, iar valoarea nominală a curentului s-a considerat aceea corespunzătoare generatorului ce se cuplează.

Valoarea de șoc a curentului nu este, în cazul acesta prea mare. In adevăr considerînd un generator ce se cuplează la o rețea de foarte mare capacitate (reactanță nulă) și cu o reactanță de 20% (generator hidro) :

$$X'_{s_*} = 0 \qquad X'_{G_*} = 0{,}2$$

rezultă la o diferență de tensiune de 10%

$$U_* = 0{,}1$$

un curent :

$$i_{soc} = \frac{1{,}8 \cdot 0{,}1}{0{,}2} \cong 0{,}9.$$

Adică valoarea de șoc a curentului nici nu atinge valoarea nominală.

Se observă deci că punerea în paralel nu cere o egalitate prea mare de tensiune.

Cazul 2 :

$$|U_G| = |E_s|$$

$$\omega_G = \omega_s$$

$$\varphi_1 \neq \varphi_2.$$

Sîntem în cazul IV studiat anterior.

Notînd cu :

$$\varphi_2 - \varphi_1 = \delta$$

se vede că :

$$U = 2\ E_s \sin \frac{\delta}{2} = 2 U_G \sin \frac{\delta}{2}.$$

Deci :

$$\boxed{i_{*\,soc} = \frac{1{,}8 \cdot 2\, E_{s*}}{X'_{G_*} + X'_{s_*}} \sin \frac{\delta}{2}} \qquad (28)$$

curentul $i_{*\,soc}$ va fi maxim pentru $\delta = \pi$, deci :

$$i_{*\,soc} = \frac{1{,}8 \cdot 2 \cdot E_{s*}}{X'_{G_*} + X'_{s_*}}. \qquad (28)_1$$

Comparînd relația $(28)_1$ cu (27) se vede că valoarea de șoc a curentului în cazul cel mai defavorabil este de două ori mai mare atunci cînd tensiunile sînt egale, dar există defazaj cînd tensiunile nu sînt egale. Intr-adevăr în cazul cuplării la o diferență de tensiune de 100% (generator cuplat neexcitat, rezultă :

$$U_* = 1,$$

deci

$$U_* = E_{s*}$$

și relația (27) va fi :

$$i_{*\,soc} = \frac{1{,}8\ E_{s*}}{X'_{G_*} + X'_{s_*}}.$$

Se observă că valoarea curentului de șoc în acest caz este de două ori mai mică decît în cazul arătat în relația $(28)_1$.

Valoarea maximă a curentului de șoc, definită în $(28)_1$, are loc cînd se efectuiază cuplarea în momentul cînd cele două tensiuni sînt în opoziție ($\delta = \pi$).

Dacă se trasează diagrama vectorială a tensiunilor și curenților, se obține figura 6. Se observă că în acest caz generatorul ce se cu-

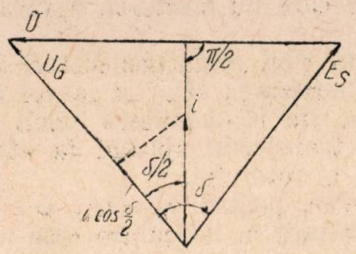


Fig. 6. Diagrama vectorială a tensiunilor în cazul cuplării la tensiuni și frecvențe egale dar defazaj diferit.

plează va debita o putere activă la momentul $t = 0$:

$$P_a = \frac{U_G \cdot i \cos\frac{\delta}{2}}{2}. \qquad (29)$$

Această putere este cerută brusc dela generator sub forma unui șoc care acționează și asupra părții mecanice a mașinii (turbină). Acest șoc, cu atît mai mare cu cît curentul este mai mare, poate atrage foarte mari neplăceri, datorită eforturilor mecanice la care este supus agregatul.

In unități relative relația (29) se poate scrie :

$$P_{a*} = U_{G*} \cdot i_* \cos\frac{\delta}{2}$$

și înlocuind din (28) :

$$P_{a*} = \frac{1{,}8 \cdot U_{G*} E_{s*}}{X'_{G*} + X'_{s*}} \sin\delta,$$

pentru

$$U_{G*} = E_{a*} = 1$$

și la

$$\delta = \frac{\pi}{2}$$

rezultă

$$P_{a\,max*} = \frac{1{,}8}{X'_{G*} + X'_{s*}}$$

la

$$X'_{G*} = 0{,}2 \quad \text{și} \quad X'_{s*} = 0$$

$$P_{a\,max*} = 9$$

adică un șoc de putere de aproape nouă ori mai mare decît puterea nominală. Se remarcă că acest șoc are loc pentru un unghiu $\delta = \frac{\pi}{2}$

Cazul (3) :

$$|U_G| \neq |E_s|$$

$$\omega_G \neq \omega_s$$

Vom nota, în acest caz, pentru simplificarea relațiilor :

$$\omega(t) = \omega_G - \omega_s$$

$$\varphi = \varphi_2 - \varphi_1.$$

Unghiul δ, de decalaj între vectorii tensiunii generatorului și sistemului, va fi în acest caz o funcțiune de timp. El va avea ca expresie :

$$\delta = (\omega_G - \omega_s)\, t + \varphi_2 - \varphi_1 = \omega t + \varphi. \qquad (32)$$

δ fiind o funcție dublă de timp, deoarece, la rîndul ei pulsația ω (pulsație relativă) este o funcție de timp prin variația pulsației tensiunii generatorului în momentul imediat următor cuplării.

Dacă vom nota cu Ω_G viteza unghiulară a generatorului ce se cuplează și Ω_s viteza unghiulară a generatorului echivalent al sistemului, relația dintre vitezele unghiulare și pulsațiile tensiunilor va fi :

$$\Omega_{G,s} = \frac{\omega_{G,s}}{p_{G,s}} \qquad (32)_1$$

p fiind numărul de perechi de poli ai mașinilor. Considerînd că generatorul echivalent are același număr de poli cu al generatorului ce se cuplează rezultă :

$$\frac{\Omega_G}{\Omega_s} = \frac{\omega_G}{\omega_s}$$

Să presupunem că se închide întrerupătorul, ce cuplează generatorul la bare, la momentul $t = to$ la care corespunde un unghi de decalaj :

$$\delta = \delta_0.$$

In acel moment pulsația tensiunii generatorului, respectiv viteza sa unghiulară, va avea o valoare oarecare, diferită prin condițiile inițiale de aceea a sistemului ,pe care o denumim pulsație inițială :

$$\omega_G = \omega_{G0}.$$

Se pot întîmpla două cazuri : *a)* ca $\omega_{G0} < \omega_s$, adică generatorul este antrenat în momentul cuplării la o viteză suprasincronă sau *b)* ca $\omega_{G0} < \omega_s$, adică generatorul este antrenat, în același moment, la o viteză subsincronă. Oricare ar fi situația în momentul cuplării, se va vehicula dela sau spre generator o putere electrică activă, care va avea expresia cunoscută, din calculul stabilității :

$$P_0 = \frac{U_G \cdot E_s}{2(X'_G + X'_s)} \sin\delta_0 = P_m \cdot \sin\delta_0 \qquad (33)$$

în care P_m este puterea electrică activă maximă corespunzătoare unui unghiu $\delta = (k + 1)\frac{\pi}{2}$ (în regim subtransitoriu).

Această putere va servi fie pentru accelerarea rotorului generatorului, în caz că acesta este antrenat la o viteză subsincronă, fie pentru decelerarea sa în cazul antrenării la o viteză suprasincronă. Pentru un unghi diferit de δ_0 puterea electrică va fi evident egală cu :

$$P = P_m \sin\delta,$$

în ipoteza, aproximativă, a menținerii constante a reactanțelor.

Pulsațiile tensiunilor fiind proporționale, după cum s-a mai spus cu vitezele unghiulare ale generatorilor rezultă că și integralele lor de ordinul întîi sau superior vor fi proporționale. Astfel :

$$\frac{d\delta}{dt} = \omega = p\,\Omega$$

$$\frac{d^2\delta}{dt^2} = \frac{d\omega}{dt} = p\,\frac{d\Omega}{dt}$$

deci

$$\frac{d\Omega}{dt} = \frac{1}{p}\,\frac{d^2\delta}{dt^2}.$$

In acest caz puterea mecanică ce se consumă pentru a aduce masele turnante la o viteză mai mică sau mai mare va fi evident :

$$P_m = M\,\frac{d\Omega}{dt} = \frac{M}{p}\,\frac{d^2\delta}{dt^2} = M'\,\frac{d^2\delta}{dt^2} \qquad (34)$$

în care M este o constantă ce se deduce ușor din expresia cuplului de inerție :

$$C_i = I\,\frac{d\Omega}{dt} \qquad (35)$$

din care se deduce :

$$M = I_g\,\Omega \approx I_g\,\Omega_{\text{sinc.}} = I_g\Omega_s \qquad (36)$$

(Ω sinc. este viteza unghiulară de sincronism a generatorului considerat egală cu Ω_s viteza unghiulară a generatorului echivalent al sistemului).

Relația (36) exprimată în valoarea momentului de impuls :

$$M = \frac{G\,D^2\,n_s}{38{,}2 \cdot 10^3} \qquad (37)$$

(P_m obținîndu-se în kilowați).

In același timp turbina furnizează generatorului o putere mecanică P, constantă.

In acest caz ecuația de echilibru a puterilor debitate și consumate de generator va fi :

$$P_t = M'\,\frac{d^2\delta}{dt^2} + P_m \sin\delta. \qquad (38)$$

Dacă generatorul are o înfășurare de amortizare în scurt circuit atunci această înfășurare va consuma sau debita o putere proporțională cu viteza unghiulară relativă [1] :

$$P_a = P_{am}\,\frac{d\delta}{dt} = P_{am}\,\omega \qquad (39)$$

și ecuația (38) devine :

$$P_t = P_{am}\,\frac{d\delta}{dt} + M'\,\frac{d^2\delta}{dt^2} + P_m \sin\delta. \qquad (40)$$

Rezolvarea relației (40) este destul de dificilă și nu este cazul, pentru scopurile urmărite de noi, de a o aborda ; pentru a obține totuși concluziile necesare de care avem nevoie în studiul sincronizării automate putem face unele simplificări care nu afectează apreciabil rezultatele.

In primul rînd puțini generatori au înfășurare de amortizare ; chiar și la cei care o au influență ei nu se manifestă decît în timpul procesului transitoriu ajutînd la atragerea în sincronism a rotorului.

Intr-adevăr, pentru $\omega_G = \omega_s$, $\omega = 0$ și puterea dezvoltată în înfășurare este nulă ; dacă $\omega_G > \omega_s$, $\omega < 0$ relația (39) devine pozitivă, înfășurarea exercitînd o acțiune de frînare asupra rotorului pînă cînd ω_G scăzînd se ajunge la $\omega_G = \omega_s$. Invers dacă $\omega_G < \omega_s$, $\omega < 0$ termenul de amortizare devine negativ și rotorul este supus unei accelerări care tinde să fie adus la o turație egală cu aceea de sincronism.

In acest fel dacă nu se studiază în amănunt procesul tranzitoriu ci numai limitele sale, se poate neglija termenul de amortizare din relația (40).

Pe de altă parte, în momentul cuplării puterea dată de turbină este astfel aleasă încît să compenseze pierderile prin frecări. Dacă se consideră că sistemul de reglaj nu intervine în timpul imediat următor cuplării atunci în calcul se poate aproxima, cu suficientă aproximație că $P_t = 0$.

Relația (40) devine, cu aceste simplificări

$$-M'\,\frac{d^2\delta}{dt^2} = P_m \sin\delta. \qquad (41)$$

Dat fiind că în momentul egalizării turațiilor puterea electrică furnizată de generator, este nulă, se vor schimba și premizele inițiale. Intr-adevăr, la egalizarea turațiilor $\delta = 0$ deoarece $P = 0$. Cum $\omega = 0$ și $t \neq 0$ rezultă

$$\varphi = 0.$$

Prin urmare expresia lui δ va fi :

$$\delta = (\omega_G - \omega_s)\,t = \omega t.$$

Pentru a se înțelege bine fenomenul imediat următor cuplării, să considerăm că în momentul cînd se include întrerupătorul :

$$\omega_0 > 0,$$

adică

$$\omega_{G0} > \omega_s.$$

In fig. 7 se arată curba de variație a puterii electrice care în acest caz este debitată de generator deoarece :

$$\delta = \omega t > 0.$$

Cuplarea s-a efectuat în punctul a generatorul debitînd, în acel moment, o putere electrică P_0 în rețea. In momentul imediat următor unghiul δ crește însă totodată va scădea și turația generatorului, deoarece puterea debitată se ia pe seama inerției maselor rotative. Prin urmare ω scade față de valoarea inițială, iar creșterea lui δ va fi încetinită. Unghiul δ

[1]) Înfășurarea aceasta se comportă ca înfășurarea rotorică dela un motor asincron. Pentru alunecări mici, cum este cazul de față se poate admite proporționalitatea indicată.

va crește pînă la un maxim cînd capătă valoarea :

$$\delta_{max} = \delta_{final},$$

după care începe să scadă. Unghiul maxim δ final corespunde, în fig. 10, punctului b ; acest

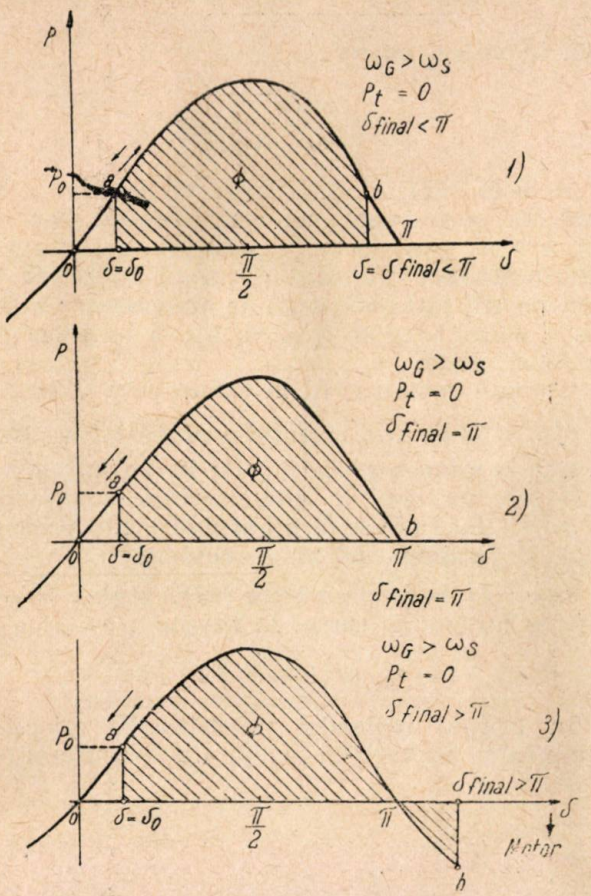


Fig. 7. Variația puterii electrice debitată de generatorul G_1 în funcție de unghiul δ.

punct poate să se găsească chiar la $\delta_{final} = \pi$ fie pentru $\delta_{final} \leqslant \pi$ (de exemplu în figura 7,*1* și 7,*3*.

Presupunem că maximumul unghiului $d\delta$ avut loc chiar la $\delta_{final} = \pi$, adică la fel ca în figura 7,*2*. Unghiul δ începe să scadă din ce în ce pînă cînd la un moment dat turația generatorului devine egală cu cea a sistemului (a generatorului echivalent sistemului). In acest moment, $\delta = 0$. Din cauza inerției, turația continuă să scadă, δ devine negativ și generatorul trece în regim de motor.

In acest regim P devine negativ, deci puterea electrică se consumă în generator accelerînd, de data aceasta, masele rotative. Turația reîncepe să crească, δ crește, trece prin zero și reintră în domeniul pozitiv.

După o serie de oscilații amortizate, se stabilește echilibrul pentru $\delta = 0$ cînd mersul sincron al generatorului este asigurat.

Se întîmplă însă și cazul că $\delta_{final} > \pi$; în acest caz, în ipoteza considerată că $\omega_0 > 0$, pentru $\delta > \pi$ generatorul intră în regim de motor înainte ca turațiile să se fi egalat, adică :

ω în punctul $\pi > 0$.

In acest caz ω_G reîncepe să crească deoarece puterea electrică schimbă de semn și servește la accelerarea maselor turnante. Unghiul δ va continua să crească și nu se va mai putea stabili un punct de echilibru pentru $\delta = k\pi$; se va stabili însă un echilibru pentru $\omega_G > \omega_s$, adică generatorul funcționînd în regim supersincron, cu un generator asincron în care rolul de rotor în scurt-circuit îl joacă însăși fierul rotorului. Se va produce o încălzire excesivă a mașinii care poate duce la distrugerea ei. In mod analog se petrec fenomenele și dacă

$$\omega_0 < 0,$$

adică în ipoteza că în momentul cuplării viteza unghiulară a generatorului este mai mică decît a sistemului (în acest caz, semnul lui $M' \frac{d^2\delta}{dt^2}$ din relația (41) se schimbă).

Concluzia care se poate trage de aci este că în cazul cînd tensiunile și vitezele unghiulare respectiv pulsațiile sau frecvențele tensiunilor sînt diferite, *se poate obține atragerea în sincronism a generatorului cu singura condiție ca unghiul final să fie mai mic decît* π *pentru* $\omega_0 > 0$ *sau decît* 0 *pentru* $\omega_0 < 0$.

Aceasta impune, evident, ca unghiul δ_0 în momentul cuplării să aibe o anumită valoare limită, sau, cu alte cuvinte, ca ω_0 să aibă o anumită valoare limită.

In ipoteza simplificatoare făcută mai înainte că termenul de amortizare este nul și considerînd că variația lui ω este foarte mică în comparație cu variația timpului, adică :

$$d\delta = \omega dt,$$

rezultă că pentru ca valoarea lui δ să nu întreacă valoarea π trebuie ca :

$$\lim \delta_t \to \infty = \pi,$$

care nu poate să aibă loc decît pentru :

$$\omega = 0,$$

adică în punctul π pulsațiile să se egaleze. In acest caz se poate rezolva ecuația (41) între limitele δ_0 și π putîndu-se scrie :

$$-M' \frac{d^2\delta}{dt^2} = P_m \sin\delta$$

$$-M' \frac{d\omega}{dt} = P_m \sin\delta$$

$$-M'\omega\, d\omega = P_m \sin\delta\, d\delta,$$

deci

$$-M' \int_{\omega=\omega_0}^{\omega=0} \omega\, d\omega = P_m \int_{\delta=\delta_0}^{\delta=\pi} \sin\delta\, d\delta$$

sau

$$\frac{M'}{2}\omega_0^2 = P_m(1 + \cos\delta_0), \qquad (42)$$

de unde

$$\cos\delta_0 = \frac{M'\omega_0^2 - 2P_m}{2P_m}. \qquad (43)$$

Relația (43) ne dă valoarea la care se poate închide întrerupătorul pentru o viteză unghiulară, respectiv o pulsație, dată pentru ca unghiul final să fie π.

Dacă se notează ca la motoarele asincrone prin alunecare

$$s_0\,\% = \frac{n_s - n_{G0}}{n_s} \cdot 100 = \frac{\omega_s - \omega_{G0}}{\omega_s} 100 = -\frac{\omega_0}{\omega_s} 100 \qquad (44)$$

relația (42) devine (cu valori pozitive)

$$s_0\,\% = \frac{100}{\omega_s} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot P_m}{M'} (1 + \cos \delta_0)}. \qquad (45)$$

Pentru $\omega_s = 314$ ($f_s = 50$ Hz)

$$s_0\,\% = 0{,}318 \sqrt{\frac{2\,P_m}{M'} (1 + \cos \delta_0)}. \qquad (46)$$

De obicei relațiile (45) și (46) se dau în valori relative; notînd cu :

$$P_{m*} = \frac{U_G \cdot E_s}{2 (x'_{G*} + x'_{s*})} \cdot \frac{1}{P_n}$$

și

$$M'_* = \frac{M'}{P_n}$$

rezultă

$$s\,\% = \frac{100}{\omega_s} \sqrt{\frac{2\,P_{m*}}{M'_*} (1 + \cos \delta_0)} \qquad (45)_1$$

și

$$s\,\% = 0{,}318 \sqrt{\frac{2\,P_{m*}}{M'_*} (1 + \cos \delta_0)}. \qquad (46)_1$$

In cazul cuplării la un sistem foarte mare :

$$x'_{s*} \approx 0,$$

iar în cazul cel mai defavorabil, al generatorilor hidro la care :

$$x'_{G*} \approx 0{,}25,$$

rezultă că pentru o cuplare la un spor de 5% la tensiune (cazul frecvent) :

$$U_{G*} = 1{,}05,$$

rezultă :

$$P_{m*} = \frac{1{,}05 \cdot 1}{0{,}25} = 4{,}2$$

și deci

$$s\,\% = \frac{290}{\omega_s} \sqrt{\frac{1 + \cos \delta_0}{M'_*}} \qquad (45)_2$$

și

$$s\,\% = 92{,}2 \sqrt{\frac{1 + \cos \delta_0}{M'_*}}. \qquad (46)_2$$

Uneori se utilizează și relațiile deduse empiric :

$$s\,\% = 100 \frac{243}{n_s} \sqrt{\frac{P_m}{G\,D^2 f_s}} \qquad (47)$$

sau în valori relative :

$$s = \frac{243}{n_s} \sqrt{\frac{P_m}{G D^2 \cdot f_s}}. \qquad (47)_1$$

Relația (47) ne arată valoarea alunecării la care se poate cupla un generator pe bare și la care se poate avea siguranța unei atrageri în sincronism. Valoarea obținută se referă la generatorii fără înfășurare de amortizare; acolo unde aceasta se găsește, ea ajută la aducerea în sincronism.

Trebuie remarcat că în calcul se va lua :

f_s — frecvența curentului statoric, în Hz;

GD^2 — momentul de impuls în kg/m² (se va lua cel al generatorului abstracție făcându-se de cel al motorului primar, atunci cînd nu se cunoaște).

Dacă se respectă relația (47), atunci se va obține un șoc de curent în mașină :

$$i_{soc*} = (1 \div 3) \sqrt{2}.$$

In timpul regimului transzitoriu, valoarea curentului va varia în funcție de δ, conform cu

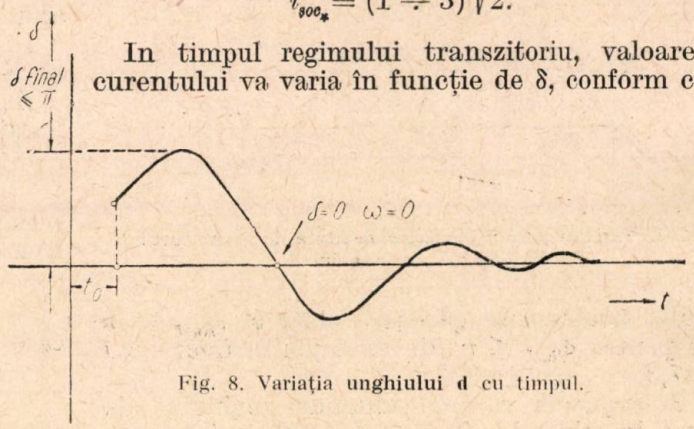


Fig. 8. Variația unghiului δ cu timpul.

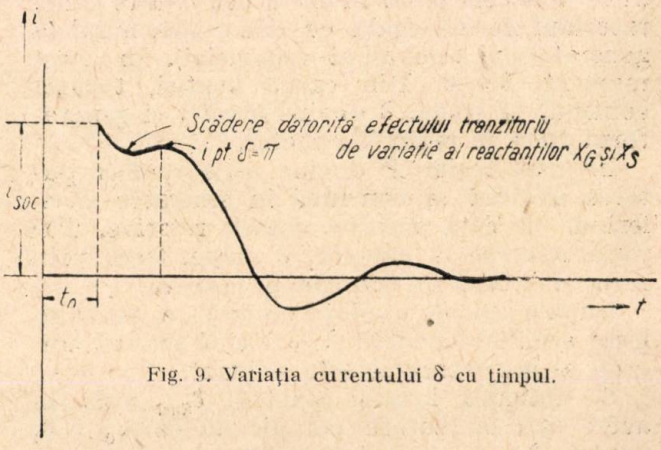


Fig. 9. Variația curentului δ cu timpul.

relația (28). In figura 8 este arătată pe baza celor expuse, variația lui δ cu timpu, iar în figura 9, valoarea lui i_*.

2. **Condiţiile unei bune sincronizări.** Menţionăm dela început că realizarea unei cuplări în ipoteza unei perfecte egalităţi de tensiuni, de frecvenţe şi de unghi de decalaj, este o imposibilitate practică. Intotdeauna în practică, o sincronizare se face într-o egalitate aproximativă de tensiuni şi de frecvenţe. Pentru ca totuşi sincronizarea să-şi atingă scopul, adică să fie efectuată în bune condiţiuni, trebuie să fie îndeplinite următoarele premize :

— şocul de curent şi de putere activă să fie cît mai mic ;

— antrenarea generatorului în sincronism să se facă cu o perioadă foarte scurtă de oscilaţie şi prin oscilaţii puternic amortizate ;

— întregul proces, inclusiv aducerea la egalitate a turaţiilor şi tensiunilor să se facă în minim de timp.

In funcţie de respectarea acestor premize, o operaţie de sincronizare poate fi efectuată de următoarele limite de abateri faţă de valorile ideale ;

a) egalitatea de tensiuni trebuie să fie în limitele :

$$|U_G|_* - |E_s|_* \leqslant 0{,}1 \div 0{,}15,$$

adică între 10 şi 15% din tensiunea nominală ;

b) egalitatea de frecvenţe trebuie să fie în limitele

$$1 \div 1{,}5\% > \omega_* > 0{,}1 \div 0{,}2\%$$

c) egalitatea de fază trebuie să fie în aşa fel ca să se aibă un curent de şoc :

$$i_{*şoc} = \sqrt{2}\,(1 \div 3).$$

Dacă se respectă valorile minime, adică cele mai apropiate de valorile ideale, avem deaface cu o „sincronizare uşoară sau precisă", iar cînd se respectă valorile maxime, adică cele mai depărtate valori admisibile faţă de valorile ideale, avem deaface cu o „sincronizare grea sau grosolană". Termenul de „greu" sau „uşor" nu se referă la uşurinţa sau greutatea de a o face, ci din contră ,la felul cum este solicitat generatorul şi aparatajul de cuplare.

O sincronizare manuală se face de obicei la limita superioară de exactitate, aceasta deoarece personalul, cum s-a mai spus, are o oarecare teamă de operaţiunea de cuplare şi caută să o facă cît mai precis posibil. Dar inconvenientul cel mai mare al unei sincronizări manuale constă tocmai că la o precizie care nu este necesară, se aşteaptă un timp inadmisibil.

Este adevărat că a căuta să se facă o sincronizare grosolană manuală ar reprezenta un risc mare pentru maşină. Iată deci că principalul dezavantaj al sincronizării manuale reprezintă lungimea inadmisibilă a timpului de cuplare (fără a se vorbi de greşelile inerente ale personalului).

Pentru eliminarea acestor deficienţe şi a se putea face o sincronizare cu gradul de precizie dorit, se întrebuinţează din ce în ce mai mult sincronizarea automată, despre care se va vorbi într-un articol viitor.

Bibliografie

Soloviev I. I. : Automatizarea sistemelor energetice, GEI,1950

★

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИНХРОНИЗАЦИЯ СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

Резюме

Статья представляет первую часть вопроса „Автоматическая синхронизация синхронных генераторов" а именно теоретические соображения относительно процессов протекающих до и в момент включения. Рассчитываются и даются результаты касающиеся значений напряжения до включения и описываются процессы протекающие при включении в условиях разности напряжений, частот и фаз. Даются соотношения которые приводят к выбору максимального скольжения в асинхронном режиме при котором еще можно производить включение. В будущей статье будут описанны приспособления автоматической синхронизации а также и способ расчета.

DETERMINAREA LOCULUI ŞI FELULUI DEFECTELOR PE LINII, PRIN METODA IMPULSIILOR

Conf. Ing. C. ŞORA

După o prezentare sumară a cadrului problemei, se expun bazele teoretice ale metodei. Se pleacă dela ecuaţiile care domină fenomenele de pe liniile lungi şi se stabilesc legile de propagare şi reflexie a undelor mobile. Reflexia impulsiilor de sondaj, în secţiunile care separă porţiuni de linie, avînd impendanţe caracteristice diferite, este înregistrată pe ecranul unui tub catodic, sub forma unor impulsii reflectate. Prin folosirea unei scări electrice, distanţa pînă la locul de defect se poate determina direct, prin citirea pe ecranul tubului catodic, a numărului de gradaţiuni cuprinse între frontul impulsiei de sondaj şi a celei reflectate. Metoda prezintă avantajul, că ne permite să determinăm nu numai distanţa pînă la locul de defect, ci şi felul defectului, (scurt circuit, sau o întrerupere a liniei), după semnul impulsiei reflectate, faţă de cel al impulsiei de sondaj. In ultima parte, se face o descriere sumară a aparatului sovietic I.L.1, prezentîndu-se principalele etaje şi caracteristici.

O ramură a radiotehnicei, care s-a desvoltat în ultimul timp într-un ritm rapid, este tehnica impulsiilor. Un rol deosebit, îl ocupă această tehnică în telecomunicaţiile de înaltă frecvenţă, în televiziune, în radiolocaţiune, mai recent la determinarea deranjamentelor pe liniile de telecomunicaţii şi cele de alimentare cu energie electrică etc. Deoarece principiul care stă la baza radiolocaţiei moderne, prin Radar şi a metodei de determinare a felului şi locului deranjamentelor pe linii prin metoda impulsiilor este acelaş, este indicat să facem la început cîteva precizări generale asupra celor două domenii de aplicaţii.

Inainte vreme, metodele de radiolocaţiune necesitau ca obiectul căruia urma să i se determine poziţia, să fie prevăzut cu emiţător de unde electromagnetice, iar observatorii să dispună de aparate de recepţie. Aceste metode, cunoscute sub numele de „radiogoniometrie", au adus şi aduc încă servicii mari în navigaţia maritimă şi aeriană. In radiolocaţia modernă prin Radar, detectarea obiectelor şi măsurarea distanţei pînă la ele se face fără ca obiectul detectat să aibă un rol activ în această operaţie. In fond, s-a plecat dela constatarea de mult cunoscută în radiotehnică, că obstacolele pot să producă reflexia undelor electromagnetice incidente. Ele devin sediul unor curenţi induşi, de aceeaşi frecvenţă cu unda incidentă, comportîndu-se ca nişte emiţători secundari, cu diagrama lor proprie de radiaţie. O parte din energia incidentă, va fi în consecinţă radiată înapoi spre emiţător (partea reflectată). A emite un semnal hertzian de sondaj şi a deduce prezenţa unui obiectiv prin recepţionarea semnalului reflectat, constitue de fapt problema detecţiei electromagnetice, în forma ei generală. Radiolocaţia prin Radar, pe lîngă această detectare a obiectivelor, permite determinarea coordonatelor lor. Cunoscînd viteza de propagare a energiei electromagnetice, se poate deduce distanţa pînă la obiectiv. Pentru a putea recunoaşte semnalul reflectat la reîntoarcerea sa, este nevoie ca înalta frecvenţă să fie modulată în amplitudine sau în frecvenţă. Cele două procedee de modulaţie, au dat naştere la două metode distincte de radiolocaţie. O caracteristică comună a lor, o constitue faptul că modulaţia foloistă în tehnica Radarului, este periodică. In stadiul actual, singura modulaţie de amplitudine, este modulaţia prin impulsii, aplicată întîia oară la explorarea ionosferei.

In acest sistem de modulaţie, sînt emise impulsii de înaltă frecvenţă, la intervale de timp constante (fig. 1).

Frecvenţa de repartiţie, este în funcţie de bătaia aparatului. La Radarurile obişnuite, ea variază între 500—3 000 Hz, iar durata impulsiilor este de cîteva microsecunde. Măsurarea distanţei ,se reduce de fapt la măsurarea intervalului de timp, scurs între emisia unui tren de unde şi reîntoarcerea părţii reflectate. Această măsurare se efectuiază cu un oscilograf cu raze catodice. Semnalul reflectat va apare pe ecranul

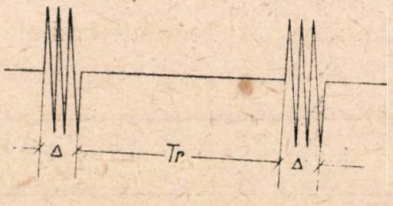


Fig. 1. Sistem de modulaţie emiţînd impulsii de înaltă frecvenţă, la intervale de timp constante distanţa între frontul impulsiei directe şi reflectate d în funcţie v şi t.

oscilografului, la o oarecare distanţă de semnalul emis şi natural cu dimensiuni mai mici. Dacă se notează cu c, viteza de propagare a undelor electromagnetice şi cu r, distanţa polară pînă la obiectiv, timpul scurs între emisia semnalului de sondaj şi a semnalului reflectat, va fi $t = \frac{2r}{c}$, de unde, măsurînd timpul, se deduce distanţa polară $r = \frac{ct}{2}$. Măsurarea acestui interval de timp, s-ar putea face, aplicîndu-se rel. $t = \frac{d_e}{v_s}$, în care d_e este distanţa pe ecranul oscilografului, între frontul impulsiei directe şi a impulsiei reflectate, iar v_s, este viteza de deplasare a spotului. In practică, această măsurătoare este simplificată, prin aceia că se foloseşte o scară electrică, obţinută prin aplicarea sistemului de deviaţie verticală a tubului

catodic, o serie de impulsii suplimentare, distanțate prin intervale de timp constante, astfel calculate, încît ele să corespundă unor anumite distanțe parcurse de undele electromagnetice. In felul acesta, se poate determina direct distanța pînă la obiectiv, prin citirea pe ecranul tubului a numărului de gradații, cuprinse între impulsia directă și reflectată.

La determinarea locului și felului defectelor pe linii prin metoda impulsiilor, se utilizează același principiu. Singura deosebire de fond, constă în aceia că nu avem de afăcut cu înaltă frecvență modulată prin impulsii, ci numai cu impulsii de tensiune, care aplicate liniilor de studiat, se vor propaga dealungul acestora și vor suferi o reflexie în locurile de defect. In acest caz, chiar linia cercetată asigură recepția impulsiei reflectată. In radiolocația prin Radar, este necesară înalta frecvență modulată prin impulsii și nu simple impulsii, pentru a se putea recepționa cu un aparat de recepție acordat pe această frecvență, impulsia reflectată.

I. **Bazele teoretice ale metodei.** Fenomenele de pe o linie, depind de distanța x, măsurată dealungul ei, dela bornele primare sau secundare, pînă în secțiunea considerată și de timpul t. Ecuațiile care descriu repartiția dealungul liniei și variația de timp a curenților și tensiunilor, sînt ecuații cu derivate parțiale. Notînd cu R, L, A și C, rezistența, inductivitatea, conductanța de izolație și capacitatea pe unitatea de lungime, avem :

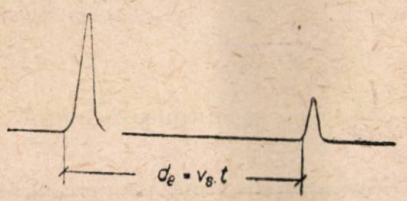


Fig. 2. Distanța între frontul impulsiei directe și reflectate d în funcție v și t.

$$\begin{cases} -\dfrac{\partial u}{\partial x} = Ri + L\dfrac{\partial i}{\partial t} \\ -\dfrac{\partial i}{\partial x} = Au + C\dfrac{\partial u}{\partial t} \end{cases} \quad (1)$$

sau, separînd cele două mărimi de determinat u și i, se obține :

$$\begin{cases} \dfrac{\partial^2 u}{\partial x^2} = R\cdot A\cdot u + (R.C + A\cdot L)\dfrac{\partial u}{\partial t} + L\cdot C\dfrac{\partial^2 u}{\partial t^2} \\ \dfrac{\partial^2 i}{\partial x^2} = R\cdot A\cdot i + (R\cdot C + A\cdot L)\dfrac{\partial i}{\partial t} + L\cdot C\dfrac{\partial^2 i}{\partial t^2} \end{cases} \quad (2)$$

cunoscute sub numele de ecuațiile telegrafiștilor.

Integralele cari corespund regimului armonic permanent, se obțin cu ajutorul mărimilor complexe. Ecuațiile inițiale devin :

$$\begin{cases} -\dfrac{d\bar{U}}{dx} = (R + j\omega L)\bar{I} \\ -\dfrac{d\bar{I}}{dx} = (A + j\omega C)\bar{U} \end{cases} \quad (3)$$

iar ecuațiile telegrafiștilor :

$$\begin{cases} \dfrac{d^2\bar{U}}{dx^2} = (R + j\omega L)(A + j\omega C)\bar{U} \\ \dfrac{d^2\bar{I}}{dx^2} = (R + j\omega L)(A + j\omega C)\bar{I}. \end{cases} \quad (4)$$

Pentru integrarea formei complexe a ecuațiilor telegrafiștilor se încearcă o integrală de forma $\bar{U} = \bar{A}, e^{\bar{\gamma}x}$, unde $\bar{A}$ și $\bar{\gamma}$, sînt în general mărimi complexe. Se obține :

$$\bar{U} = \bar{A}_1 \cdot e^{\bar{\gamma}x} + \bar{A}_2 \; e^{-\bar{\gamma}x} \quad (5)$$

în care $\bar{A}_1$ și $\bar{A}_2$ se determină în funcție de condițiile limită, iar $\bar{\gamma} = \sqrt{(R + j\omega L)(A + j\omega C)}$.

Curentul corespunzător, se calculează din relația (3)

$$\bar{I} = -\frac{1}{R + j\omega L}\cdot\frac{d\bar{U}}{dx} = \sqrt{\frac{A + j\omega C}{R + j\omega L}}\cdot(\bar{A}_2\cdot e^{-\bar{\gamma}x} - \bar{A}_1\cdot e^{-\bar{\gamma}x}). \quad (6)$$

Mărimea $\bar{\gamma}$, se numește constanta de propagare a liniei. Ea este în general complexă : $\bar{\gamma} = \alpha + j\beta$. Partea ei reală α, se numește constanta de atenuare a liniei, iar partea ei imaginară, constanta de lungime de undă sau constanta de fază a liniei. Dacă în aceste expresii R, A, L și C sînt valorile pe km, atunci α reprezintă unghiul cu care se rotește faza unei tensiuni alternative de pulsație ω, după ce a parcurs 1 km. Mărimea β, ține seama de scăderea amplitudinii dealungul liniei. Calculînd partea reală și imaginară a constantei de propagare se obține :

$$\begin{cases} \alpha = \sqrt{\frac{1}{2}\left[R\cdot A - \omega^2\cdot L\cdot C + \sqrt{(R^2 + \omega^2 L^2)(A^2 + \omega^2 C^2)}\right]} \\ \beta = \sqrt{\frac{1}{2}\left[\omega^2\cdot L\cdot C - L\cdot A + \sqrt{(L^2 + \omega^2 L^2)(A^2 + \omega^2 C^2)}\right]} \end{cases} \quad (7)$$

Mărimea $\bar{Z}_c = \sqrt{\dfrac{R + j\omega L}{A + j\omega C}}$, care intervine în expresia curentului, se numește impedanța caracteristică a liniei.

In regim de tranziție (trecerea dela un regim permanent la alt regim permanent, sau aplicarea unei impulsii la începutul liniei etc.), curenții și tensiunile de tranziție constitue unde electrice mobile. In acest caz, integrarea ecuațiilor telegrafiștilor, se reduce la rezolvarea unor ecuații, cari nu conțin derivata de ordinul întîi în raport cu timpul. Vom scrie

$$u(x, t) = e^{-\alpha t}\cdot U(x, t), \quad (8)$$

unde α este un parametru astfel ales, $\alpha = \frac{1}{2}\left(\frac{R}{L} + \frac{A}{C}\right)$, încît derivata de ordinul întîia lui U în raport cu timpul , să fie nulă. Făcînd operațiunile, se obține

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} = L\cdot C\left(\frac{\partial^2 U}{\partial t^2} - \delta^2\cdot U\right), \quad (9)$$

în care

$$\delta = \frac{1}{2}\left(\frac{R}{L} - \frac{A}{C}\right).$$

Constanta δ a liniilor electrice fiind în general mică, se poate într-o primă aproximație neglija. In acest caz se obține $\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} = LC\frac{\partial^2 U}{\partial t^2}$. Cu această aproximație, impedanța caracteristică devine $Z = \sqrt{\frac{L}{C}}$, iar integrala generală a ecuației (5), poate fi pusă sub forma :

$$U = \varphi\left(x - \frac{t}{\sqrt{LC}}\right) + \rho\cdot\left(x + \frac{t}{\sqrt{LC}}\right) \qquad (10)$$

unde φ și ρ sînt două funcțiuni arbitrare de x și t.

Efectuînd calculele și ținînd seama de aproximațiile făcute integrala ecuației telegrafiștilor va fi :

$$u = e^{-\alpha t}\left[\varphi\left(x - \frac{t}{\sqrt{LC}}\right) + \rho\left(x + \frac{t}{\sqrt{LC}}\right)\right] \qquad (11)$$

iar curentul corespunzător

$$i = \frac{e^{\alpha - t}}{Z_c}\left[\varphi\left(x - \frac{t}{\sqrt{LC}}\right) - \rho\left(x + \frac{t}{\sqrt{LC}}\right)\right]. \qquad (12)$$

Funcțiunile φ și ρ, reprezintă două unde, care se propagă cu viteza c în cele două sensuri pe linie și cari se numesc : undă directă și inversă (fig. 3).

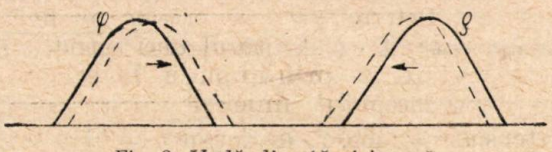


Fig. 3. Undă directă și inversă.

Ținînd seama de relațiile (11) și (12), se observă că unda de tensiune și curent, se amortizează în timp după o exponențială, care are constanta de timp $\theta = \frac{1}{\alpha}$.

Pentru studiul propagării undelor mobile dealungul unei linii finite, afară de legile de propagare, trebuie cunoscute legile de reflexie a undelor la extremitatea liniei, în funcție de impedanța legată la extremitate. Să stabilim aceste legi, pentru cîteva cazuri frecvente.

a) Dacă linia este deschisă la capăt (în vid) din relația (12) în care presupunem $\alpha = 0$ se obține : $\varphi - \rho = i\cdot Z_c$, unde i este curentul la extremitate. Deoarece acest curent este nul, rezultă $\varphi = \rho$, adică o undă incidentă de tensiune, se reflectă la extremitatea în vid, în mărimea și cu semnul ei (fig. 4), astfel că tensiunea la extremitate se va dubla. In ceeace privește unda reflectată de curent, ea va fi egală și de semn contrar cu unda directă.

b) Dacă extremitatea este scurtcircuitată, tensiunea la extremitate trebuind să fie nulă $u = \varphi + \rho = 0$, rezultă $\rho = -\varphi$. Deci, o undă directă de tensiune, se reflectă la extremitatea în scurtcircuit, în mărimea absolută, dar cu

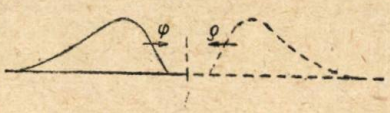


Fig. 4. Undă incidentă de tensiune reflectată la extremitate în vid.

semn contrar (fig. 5). Unda de curent se reflectă în mărimea și cu semnul undei incidente.

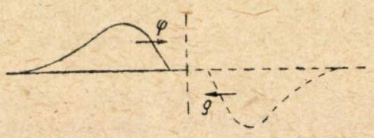


Fig. 5. Undă directă de tensiune reflectată la extremitate în scurt circuit.

c) Dacă la extremitatea liniei este conectată o rezistență, tensiunea este egală cu produsul dintre rezistența R (sarcina) și curent $u = \rho + \varphi = Ri$.

Pe de altă parte, $Z_c i = \varphi - \rho$.

Eliminînd din aceste două ecuații curentul, se obține :

$$\rho = \frac{R - Z_c}{R + Z_c}\cdot\varphi \qquad (13)$$

Raportul $\frac{R - Z_c}{R + Z_c} = p$, se numește factor de reflexie.

Factorul de reflexie, reprezintă raportul dintre unda reflectată și cea incidentă. Dacă secțiunea în care are loc reflexia, separă două porțiuni de linie, avînd impedanțele caracteristice Z și Z_{c2}, expresia factorului de reflexie este

$$p = \frac{Z_{c2} - Z_{c1}}{Z_{c2} + Z_{c1}}.$$

Aceleași condiții de reflexie se pot însă obține, dacă în secțiunea respectivă, linia se închide cu o rezistență $R = Z_2$.

Când $R > Z_{c1}$ funcția ρ are același semn ca și funcția φ, deci unda de tensiune se reflectă cu semnul neschimbat, dar micșorată în valoarea absolută ; unda incidentă de curent se reflectă cu semn schimbat și micșorată în valoare absolută. Cînd $R < Z_c$, ρ avînd semn contrar cu φ, rezultă că unda incidentă de tensiune se reflectă cu semn schimbat, iar cea de curent cu semn neschimbat. Cînd $R = Z_c$, adică linia este omogenă, unda incidentă nu suferă nici o reflexie. Legile de reflexie în cazul cînd extremitatea este în vid sau în scurtcircuit, se obțin făcînd în relația (13) pe $R = \infty$ resp. 0. In primul caz, se obține un factor de reflexie $p = +1$, iar în al doilea caz $p = -1$.

Dacă extremitatea liniei este închisă pe o reactanță, factorul de reflexie devine un număr

complex. Un astfel de caz, îl întîlnim de exemplu dacă conductorul unei linii de înaltă tensiune (100—200 kV), atinge pămîntul uscat, pe o întindere mai mare. Măsurătorile fiind făcute la tensiuni mici, în rezistența de închidere a liniei, un rol mai important decît rezistența de punere la pămînt, îl joacă capaciattea conductorului, față de pămînt. Cînd linia este închisă printr-o reactanță, înlocuind în relația (13) pe R cu jX, se obține :

$$\bar{p} = \frac{jX - Z_c}{jX + Z_c} = -\frac{Z_c - jX}{Z_c + jX}, \qquad (14)$$

de unde

$$\bar{p} = -\frac{R_s \cdot \left(e^{-j\varphi}\right)}{R_s \cdot \left(e^{+j\varphi}\right)} = -e^{-2j\varphi} = -(\cos 2\varphi - j \sin 2\varphi) \qquad (15)$$

în care

$$\begin{cases} \operatorname{tg}\varphi = -\dfrac{X}{Z_c} \\ R_s = \sqrt{X^2 + Z_c^2} \end{cases} \qquad (16)$$

Factorul de reflexie, devine în acest caz complex, avînd valoarea egală cu unitatea

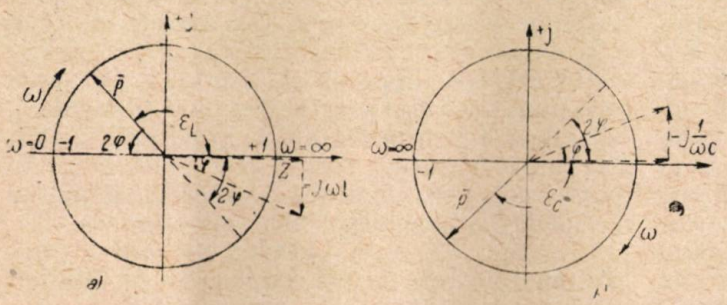


Fig. 6. Defazajul reprezentat în plan complex a tensinnii reflectate pentru o închidere inductivă și una capacitivă.

pentru toate valorile reactanței X. In cazul unei reactanțe inductive, tensiunea reflectată, va fi defazată înainte cu unghiul

$$\varepsilon_L = +(\pi - 2\varphi) = +\left(\pi - 2 \operatorname{arc\,tg} \cdot \frac{\omega L}{Z_c}\right) = 2 \operatorname{arc\,tg} \frac{Z_c}{\omega L} \qquad (17)$$

și în urmă cu unghiul :

$$\varepsilon_c = -(\pi - 2\varphi) = -2 \operatorname{arc\,tg} \frac{Z_c}{\omega c} \qquad (18)$$

în cazul unei reactanțe capacitive.

Reprezentînd în plan complex, defazajul tensiunii reflectate pentru o închidere inductivă și o închidere capacitivă, se obțin fig. 6 *a*, resp. 6 *b*.

In cazurile limită cînd :

$$\omega L \gg Z_c \text{ și } \frac{1}{\omega c} \gg Z_c \ldots p = +1$$

$$\omega L \ll Z_c \text{ și } \frac{1}{\omega c} \ll Z_c \ldots p = -1$$

unda reflectată nu suferă nici o defazare, factorul de reflexie devenind un număr real. Factorii de reflexie găsiți pentru aceste cazuri limită corespund de fapt, mersului în vid și în scurt circuit a liniei. Intr-adevăr, dacă linia este închisă printr-o inductivitate, cu cît frecvența este mai mare, cu atît curentul prin sistem va fi mai mic. Pentru frecvențe foarte înalte, este evident că linia va lucra practic în vid. Deasemenea în caz că linia este închisă printr-o capacitate, cu cît frecvența de alimentare va fi mai înaltă, tensiunea la bornele condensatorului va fi mai mică. Pentru frecvențe foarte înalte, acest lucru este echivalent cu un scurtcircuit.

In cazul cel mai general, rezistența pe care este închisă linia poate să fie complexă. In acest caz, tensiunea reflectată va avea o amplitudine micșorată față de tensiunea directă și în acelaș timp defazată.

Din cele menționate pînă acum rezultă că în orice secțiune a unei linii care separă porțiuni cu impedanțe caracteristice diferite, are loc o reflexie, care poate să fie înregistrată la începutul liniei, pe ecranul unui tub catodic. După semnul undei reflectate, față de al undei directe, ne putem da seama dacă este vorba de o întrerupere eventual o izolație slăbită sau de un scurt circuit. Pentru a împiedica o a doua reflexie a undei, la începutul liniei, se impune ca linia să fie închisă la începutul ei, chiar pe impedanța caracteristică. In caz contrar, vor apare la intervale de timp periodice, alte unde reflectate, cari îngreunează evaluarea, putînd duce la concluzii greșite.

Determinarea defectelor pe linii, se face fie cu ajutorul unei singure frecvențe, fie prin impulsii. In primul caz, la începutul liniei de studiat, seaplică o tensiune armonică de forma $u = U\sqrt{2} \sin \omega t$. Dacă linia este întreruptă la distanța x, tensiunea reflectată va apare la începutul liniei, exact ca unda directă fără a se reflecta, la distanță $2x$ (fig. 7).

Fig. 7. Tensiunea reflectată în cazul cînd linia este întreruptă la distanța x.

Notînd cu U_{d_1} și U_{r_1}, valorile momentane ale tensiunii directe și reflectate, la începutul liniei, avem :

$$\begin{cases} U_{d_1} = U \sin \omega t \\ U_{r_1} = U \sin\left[\omega\left(t - \dfrac{2x}{c}\right)\right] \end{cases} \qquad (19)$$

Dacă la distanța x, avem un scurtcircuit, factorul de reflexie fiind egal cu $p = -1$, faza tensiunii reflectate se rotește cu unghiul π, față de cazul cînd linia ar fi în vid (fig. 8).

Relația (19) în acest caz devine:

$$U_{d_1} = U \sin \omega t$$

$$U_{r_1} = U \sin\left[\omega\left(t-2\frac{x}{c}\right)-\pi\right] = -$$

$$= -U \sin\omega\left(t-2\frac{x}{c}\right).$$

In ambele situații, defazajul tensiunii reflectate la începutul liniei, față de a tensiunii directe, ne dă posibilitatea de a determina distanța pînă la locul de defect și felul defectului.

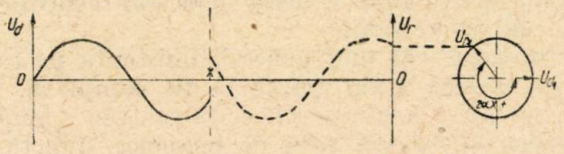


Fig. 8. Faza tensiunii reflectate în cazul unui scurt circuit față de cazul unei linii în vid.

Este evident, însă, că la această determinare se pot face erori, deoarece distanța care corespunde unui anumit defazaj a tensiunii reflectate, poate să difere de distanța reală cu $x' = n\frac{\lambda}{2}$, în care λ este lungimea de undă a tensiunii alternative, iar $n = 1, 2, 3, \ldots$ Desigur că această nesiguranță în determinarea distanței pînă la locul de defect, depinde de frecvența utilizată. Dacă lungimea liniei de studiat este mai mică decît lungimea de undă a tensiunii alternative, cum este cazul la frecvențe joase, această incertitudine cade. In caz contrar, pentru înlăturarea incertitudinii menționate, se fac măsurători la mai multe frecvențe. In afară de acest inconvenient, metoda determinării locului de defect folosind o singură frecvență, nu poate ține seama de defazajul tensiunii reflectate, atunci cînd linia este închisă pe o reactanță sau impedanță, motiv pentru care în astfel de cazuri, ea este inutilizabilă. Inconvenientele menționate pentru acest procedeu, se înlătură folosind în locul unei tensiuni sinusoidale, impulsii.

O problemă de bază la folosirea impulsiilor, este spectrul lor de frecvență. Unei impulsii periodice, îi corespunde conform seriei Fourier, un spectru de frecvență care depinde de forma și de durata impulsiei în raport cu perioada de repetiție.

De exemplu, o impulsie de formă dreptunghiulară (fig. 9), se descompune în următoarea serie de funcțiuni armonice:

$$f(x) = A_1 \cos x + A_2 \cos(2x) + + A_3 \cos(3x) + \ldots \qquad (21)$$

unde

$$A_\lambda = \frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{+\pi} f(x)\cos(\lambda \cdot x)\,dx = \frac{1}{\pi}\int_{-d}^{+d} h \cos(\lambda \cdot x)\,dx$$

$$A_\lambda = \frac{h}{\pi} \cdot \frac{2}{\lambda} \sin(\lambda . d)$$

în care

$$\lambda = 1, 2, 3, \ldots \qquad (22)$$

In diagrama din fig. 9 sînt trecute amplitudinile fundamentalei și ale armonicelor (pînă la armonica de ordinul 30). Curba *a*, corespunde unei impulsii, care are o durată de 10% $\left(d = \frac{\pi}{10}\right)$ curba *b* 20% $\left(d = \frac{\pi}{5}\right)$ iar curba *c* 50% $\left(d = \frac{\pi}{2}\right)$ din perioada repetiție. Cu ajutorul seriei Fourier, putem găsi spectrul de frecvență al unei impulsii de o formă oarecare. Oricare ar fi cazul, spectrul de frecvență al impulsiei, depinde așa după cum s-a menționat, de forma și de durata relativă a impulsiei.

Cunoașterea spectrului de frecvență pentru impulsia folosită, este importantă pentrucă schimbările suferite de impulsia de sondaj ca formă, de-a lungul liniei, sînt determinate de comportarea diferitelor armonici în parte. Datorită efectului pelicular de exemplu, rezistența crescînd cu frecvență ($R = \text{const.} \sqrt{f}$), constanta de atenuare va crește în mod corespunzător la aceste frecvențe. Constantele de fază α și de atenuare ρ fiind diferite, pentru diferitele frecvențe, impulsia de sondaj, care apare ca o sumă a tuturor acestor frecvențe (armonice), va suferi o deformare dealungul liniei. Astfel, flancurile impulsiei vor fi mai mult sau mai puțin rotunjite, chiar dacă flancurile impulsiei de sondaj la începutul liniei sînt abrupte.

In fig. 10, este arătată în mod calitativ, modificarea formei impulsiei, cu drumul parcurs.

Datorită acestor modificări de formă, gradul de precizie a procedeului de măsurare prin impulsii este destul de mic. Pe ecranul osciloscopului, trebuind determinată, distanța dintre frontul undei directe și a celei reflectate, datorită rotunjirii flancurilor, numai este posibil să se aprecieze cu destulă exactitate, începutul impulsiei reflectate. Se obișnuește să se consi-

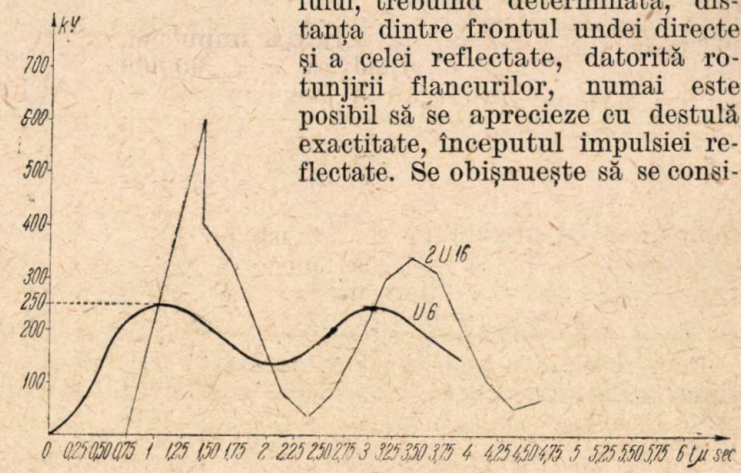


Fig. 9. Impulsie de formă dreptunghiulară descompusă în o serie de funcții armonice.

dere acest început, la intersecția tangentei la frontul impulsiei reflectate cu linia de bază. La linii aeriene (pînă la 200—300 km), locul de defect nu se poate determina cu o precizie mai mare de 0,5 — 1 km. Cea mai mare

exactitate s-ar obține, dacă atît la impulsia directă cît și cea reflectată, fronturile ar fi abrupte. Am văzut însă, că o impulsie de sondaj cu front abrupt nu însemnează că impulsia reflectată va fi deasemenea cu fronturile abrupte. Chiar dimpotrivă, cu cît frontul impulsiei de sondaj este mai abrupt, cu atît mai mari sînt amplitudinile armonicelor superioare în spectrul său de frecvență și deci cu atît deformarea ei de-alungul liniei va fi mai mare. Gradul de deformare (modificarea formei, reducerea amplitudinii, aplatizarea resp. indulcirea pantelor) depinde de spectrul de frecvență a impulsiei, care este în funcție de forma, durata impulsiei de sondaj în raport cu perioada de repetiție a impulsiei și de lungimea liniei. De aici rezultă că la alegerea formei și duratei relative a impulsiei, trebuie ținut seama de parametrii liniei pentru care este destinat aparatul.

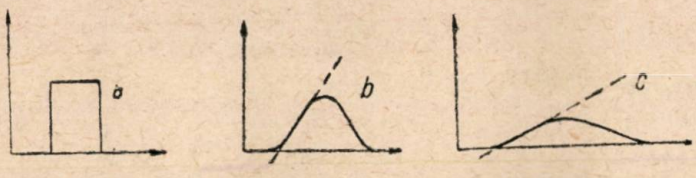


Fig. 10. Modificarea formei impulsiei cu indicarea drumului parcurs.

In ceeace privește alegerea frecvenței de repetiție a impulsiilor, se ține seama de lungimea liniei și de viteza de propagare a impulsiei de-alungul ei. Dacă vrem să cercetăm de ex. linii pînă la 200 km lungime, timpul necesar pentru ca o impulsie de sondaj să revină la începutul liniei, după ce s-a reflectat la capăt, va fi :

$$t = \frac{2 \cdot d}{c},$$

în care c este viteza de propagare a impulsiei, de-a lungul liniei, admițînd că $c = 290\,000$ km/s (viteza de propagare a undelor electromagnetice), rezultă $t = \frac{2.200}{290000} = \frac{1}{725}$ s.

Perioada de repetiție a impulsiei trebuind să fie mai mare decît acest timp, pentru ca o impulsie de sondaj să nu fie trimisă pe linie, înainte de a fi sosit impulsia reflectată corespunzătoare impulsiei anterioare de sondaj, frecvența de repetiție va fi : $f_r < 725$ Hz. La aparatul sovietic I. L-1 frecvența de repetiție a impulsiei de sondaj este de 580 Hz. Durata impulsiei este de 10—20 μ s. forma ascuțită, iar amplitudinea de aprox. 150 V (puterea este de aprox. 100 W, la o sarcină de 400 Ω).

II. **Descrierea aparatului.** In mod obișnuit pentru producerea impulsiilor de sondaj, se folosesc montaje cu thyratron, care este indicat ori de cîte ori se cer curenți anodici puternici (puterea de comandă necesară la grătar fiind redusă). Un astfel de montaj, este indicat în fig. 11.

In lipsa impulsiei pozitive de comandă, condensatorul C se va încărca, pînă ce tensiunea la bornele lui, va fi egală cu tensiunea de alimentare. In momentul în care la grătarul tubului se va aplica impulsia pozitivă de comandă, produsă de un generator de impulsii (oxilator cu autoblocaj) sincronizat thyratronul se va aprinde, iar condensatorul C se va descărca peste thyratron și rezistența R_2. La bornele rezistenței R_2, va apare o impulsie negativă (față de masă) a cărei durată se poate regla prin schimbarea constantei de timp a circuitului de descărcare a condensatorului (CR_2). Această impulsie, se trimite pe linie printr-un sistem diferențial (transformatorul diferențial T_D), care asigură protecția amplificatorului de intrare al tubului catodic, contra impulsiilor puternice de sondaj, trimise pe linie (borna L).

Pentru a determina valorile elementelor de circuit R_1, R_2 și C, scriem ecuațiile diferențiale corespunzătoare perioadei de încărcare, apoi de descărcare a condensatorului C.

Să notăm cu :

U — tensiunea de alimentare, presupusă constantă ;

u_c — tensiunea la bornele condensatorului ;

u — tensiunea la bornele rezistenței R_2 ;

u_a — tensiunea la anoda tubului Th.

In perioada de încărcare, este valabilă ecuația

$$U = (R_1 + R_2)\, i + \frac{1}{c}\int i dt, \qquad (23)$$

sau

$$U = (R_1 + R_2)\, i + u_c.$$

In regim staționar, se poate considera că tensiunea la bornele condensatorului, nu crește dela valoarea zero, ci dela valoarea v_s (tensiunea de

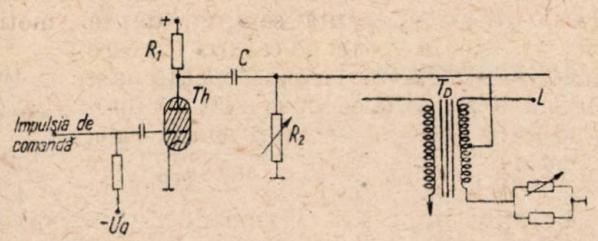


Fig. 11. Montaje cu thyratron pentru producerea impulsiilor de sondaj.

stingere a thyratronului). Deoarece curentul la stingere este foarte mic, s-a neglijat căderea de tensiune $R_2 i$. Integrala acestui tip de ecuație, este de forma :

$$i = K \cdot e^{-\frac{t}{c(R_1 + R_2)}}$$

Ecuația (23) devine :

$$U = (R_1 + R_2)\, K \cdot e^{-\frac{t}{c(R_1 + R_2)}} + u_c$$

pt. $t = 0$, $u_c \cong v_s$; $\quad K = \frac{U - v_s}{R_1 + R_2}$,

de unde :

$$i = \frac{U - v_s}{R_1 + R_2} \cdot e^{-\frac{1}{c(R_1 + R_2)} \cdot t}. \qquad (24)$$

Tensiunea la anoda tubului, este egală cu :

$$u_a = U - R_1 i = U - (U - v_s) \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot e^{-\frac{1}{c(R_1 + R_2)} \cdot t} \quad (25)$$

La sfîrșitul perioadei de încărcare — T_1 —,

$$(u_a)_{T_1} = U - (U - v_s) \cdot e^{-\frac{T_1}{c(R_1 + R_2)}} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (26)$$

Dacă $R_2 \ll R_1$, relația (26) devine :

$$(u_a)_{T_1} \cong U = (U - v_s) \cdot e^{-\frac{T_1}{c(R_1 + R_2)}} . \quad (27)$$

Dacă frecvența de repetiție a impulsiilor, ar fi egală cu cea a impulsiilor de comandă,

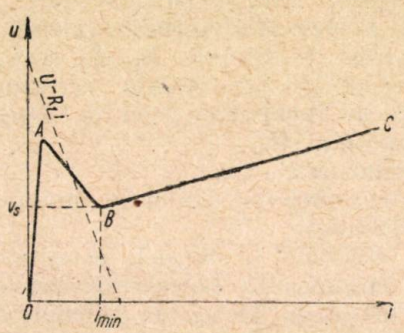


Fig. 12. Diagrama rezistenței R_1 în funcție de curentul i

această tensiune trebuie să fie mai mică decît tensiunea de aprindere a thyratronului, corespunzătoare negativării pe care o are, pentru ca aprinderea să nu aibă loc, înainte ca impulsia de comandă să fie aplicată tubului.

Din relația (27) se deduce :

$$U - (u_a)_{T_1} = (U - v_s)\, e^{-\frac{T_1}{c(R_1 + R_2)}}$$

De unde rezultă :

$$C(R_1 + R_2) = \frac{T_1}{\ln \dfrac{U - v_s}{U - (u_a)_{T_1}}} . \quad (28)$$

Datorită impulsiei de comandă, thyratronul se va aprinde și se va comporta ca o rezistență foarte mică, peste care se va descărca condensatorul C. Rezistența R_1 trebuie astfel aleasă, încît curentul pe care poate să-l furnizeze sursa, să fie mai mic decît curentul i_{min}, corespunzător tensiunii de stingere a thyratronului (fig. 12).

Pentru a fi satisfăcută această condiție, dreapta rezistenței ($U - iR_4$), trebuie să intersecteze caracteristica thyratronului pe porțiunea AB cu pantă descrescătoare. In caz contrar, thyratronul nu se va mai stinge.

Dacă considerăm circuitul de descărcare, format din condensatorul C, rezistența R_2 și rezistența thyratronului R_{Th}, expresia curentului de descărcare va fi

$$i = -\frac{(u_c)_{T_1}}{R_2 + R_{Th}} \cdot e^{-\frac{t}{c(R_2 + R_{Th})}} \quad (29)$$

în care — $(u_c)_{T_1}$, reprezintă tensiunea la bornele condensatorului, la sfîrșitul perioadei de încărcare — T_1 —.

Semnul minus, ține seama de faptul că la descărcare curentul este de semn contrar. La sfîrșitul descărcării ($t = T_2$), curentul are valoarea :

$$i = -\frac{(u_c)_{T_1}}{R_2 + R_{Th}} \cdot e^{-\frac{T_2}{c(R_2 + R_{Th})}} . \quad (30)$$

Tensiunea la bornele rezistenței R_2, va fi

$$u = R_2 i = R_2 \frac{(u_c)_{T_1}}{R_2 + R_{Th}} \cdot e^{-\frac{t}{c(R_2 + R_{Th})}} .$$

Pentru $t = 0$

$$u = R_2 \frac{(u_c)_{T_1}}{R_2 + R_{Th}} . \quad (31)$$

Pentru $t = T_2$, deci la sfîrșitul perioadei de încărcare

$$(u)_{T_2} = R_2 \frac{(u_c)_{T_1}}{R_2 + R_{Th}} \cdot e^{-\frac{T_2}{c(R_2 + R_{Th})}} \quad (32)$$

Tensiunea la bornele condensatorului, va fi :

$$u_c = (u_c)_{T_1} \cdot e^{-\frac{t}{c(R_2 + R_{Th})}} .$$

Pentru $t = T_2$

$$(u_c)_{T_2} = (u_c)_{T_1} \cdot e^{\frac{T_2}{c(R_2 + R_{Th})}} . \quad (33)$$

Dacă neglijăm căderea de tensiune $R_2 i$, la sfîrșitul perioadei de descărcare $(u_c)_{T_2} \cong v_s$.

Deci

$$v_s \cong (u_c)_{T1} \cdot e^{-\frac{T_2}{c(R_2 + R_{Th})}} . \quad (34)$$

In ipoteza simplificată că $R_{Th} \ll R_2$, se poate scrie :

$$v_s \cong (u_c)_{T_1} \cdot e^{-\frac{T_2}{CR_2}}$$

de unde

$$CR_2 \cong \frac{T_2}{\ln \dfrac{(u_c)_{T_1}}{v_s}} . \quad (35)$$

Dacă am reprezenta grafic variația tensiunii — u — la bornele rezistenței R_2, obținem cu

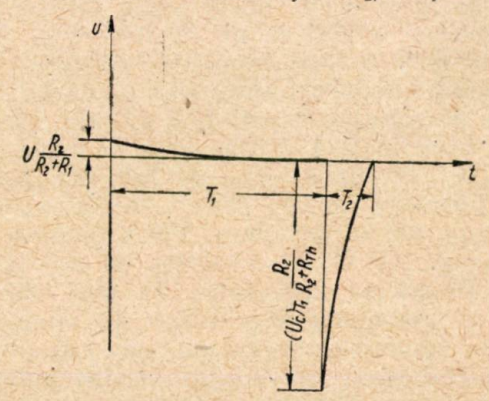


Fig. 13. Variația tensiunii u la bornelor rezistenței R_2.

simplificările menționate, variația reprezentată în fig. 13.

Impulsia de sondaj (din intervalul T_2) nu are practic frontul atît de abrupt, din cauza că thyratronul nu acționează instantaneu la impulsia de comandă. Atît la aprindere, cît și la stingere, la un thyratron se manifestă o anumită inerție, care după cum se știe, limitează utilizarea lui în înaltă frecvență.

O altă observație este faptul că rezistența thyratronului, nu este constantă. La aprindere, ea este foarte mică și crește pe măsură ce ne apropiem de punctul de stingere. Din acest motiv, curbele reale de variație ale curentului și tensiunii, diferă de cele calculate. Ca aplicație, să determinăm elementele de circuit R_2, R_1 și C, ale montajului din fig. 11 în ipoteza că perioada de repetiție a impulsiilor este de 1725 μs, iar durata impulsiei de 20 μs, în care caz $T_1 = 1705$ μs și $T_2 = 20$ μs. Să presupunem că tensiunea de alimentare este de 250 V, iar tensiunea de negativare a thyratronului de -12 V. Acestei tensiuni de negativare, îi corespunde (pentru thyratronul ales) o tensiune de aprindere de aprox. 230 V. Dacă vrem ca tensiunea de aprindere să fie mai mare, mărim negativarea în valoare absolută. In multe montaje, se obișnuește ca frecvența impulsiilor de comandă aplicate grătarului, să fie jumătate din frecvența impulsiilor de sondaj. Dacă tensiunea de stingere este de 30 V, iar $i_{min} = 3$mA, pentru ca dreapta rezistenței să intersecteze caracteristica thyratronului pe porțiunea cu pantă negativă, este necesar ca $R_1 > \frac{U - v_s}{i_{min}}$, de unde rezultă $R_1 > \frac{250-30}{3} = 70$ KΩ Rezistența R_1 nu trebuie să fie nici prea mare, pentru că în acest caz, s-ar putea întîmpla ca dreapta rezistenței să intersecteze caracteristica thyratronului pe porțiunea OA, în care caz thyratronul nu se va mai aprinde.

Curentul maxim admisibil prin thyratronul folosit fiind de 300 mA, rezistența R_2 va trebui să îndeplinească următoarea condiție : $R_2 > \frac{(u_o)_{T_1}}{0,3}$ deci $R_2 > \frac{230}{0,3} = 765$ Ω. Ea se referă la momentul aprinderii thyratronului, cînd rezistența lui se poate neglija față de R_2.

Admițînd $R_2 = 800$ Ω, din relația (35) rezultă

$$C < \frac{T_2}{R_2 \ln \frac{(u_c)_{T_1}}{v_s}} = \frac{20 \cdot 10^{-6}}{800 \cdot 2,3 \log \frac{230}{30}} = 12.300 \text{ pF}.$$

Admitem $C = 10\,000$ pF.

Pentru determinarea lui R_1 ne servim de relația (28)

$$R_1 + R_2 = \frac{T_1}{C \cdot 2,3 \log \frac{U - v_s}{U - (u_o)_{T_1}}} =$$

$$= \frac{1705 \cdot 10^{-6}}{10^{-8} \cdot 2,3 \log \cdot \frac{250-30}{250-230}} = 73.700 \ \Omega$$

Putem să rămânîm la următoarele valori : $R_2 = 800$ Ω, $C = 10\,000$ pF și $R_1 = 80$ kΩ.

Amplitudinea impulsiei de sondaj este dată de relația (31). Dacă s-ar neglija R_{Th} față de R_2, ea ar fi egală cu $(u_o)_{T_1} = 230$ V. In practică este greu de apreciat valoarea rezistenței R_{Th}. Admițînd un raport mijlociu $\frac{R_2}{R_2 + R_{Th}} \cong 0,7$, amplitudinea impulsiei de sondaj este în jur de 160 V. Tensiunea la bornele rezistenței R_2 la începutul perioadei de încărcare, de polaritate contrară impulsiei de sondaj, are o valoare foarte mică și anume $U \frac{R_2}{R_2 + R_1} \cong 2,5$. V

Pentru a avea o privire de ansamblu asupra diferitelor etaje ale acestor aparate, să prezentăm în linii mari principiul de funcționare a aparatului sovietic I.L.1. Aparatul este comandat de un generator de oscilații sinusoidale *1*, de frecvență riguros constantă $f_0 = 14500$ Hz (fig. 14). Oscilațiile produse de acest gene-

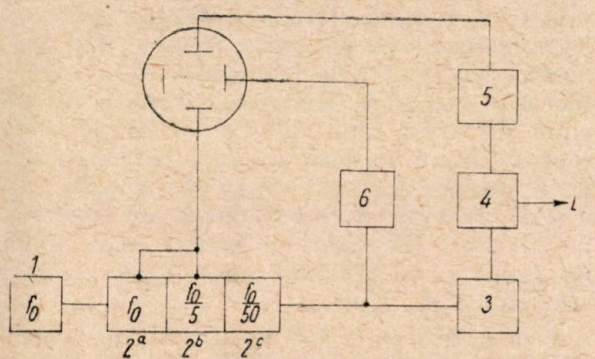


Fig. 14. Schema unui aparat sovietic I.L.1, comandat de un generator de oscilații sinusoidale și de frecvență constantă

rator servesc pentru sincronizarea primului generator de impulsii 2^a (oscilator cu auto blocaj.) Această sincronizare este necesară, deoarece frecvențele acestor impulsii nu sunt constante. Pentru că aceste frecvențe depind de valoarea tensiunii de alimentare, este indicat ca aparatul să fie alimentat printr-un stabilizator magnetic de tensiune. Generatorul de impulsii 2^a, face parte dintr-un lanț de 3 generatoare de impulsii 2^a, 2^b și 2^c, care lucrează în regim de divizare a frecvenței (f_0, $f_0/5$ și $f_0/50$).

Impulsiile produse de primele două generatoare (avînd o durată de aprox. 2—3 μs), vor apare pe ecranul osciloscopului sub forma unor vîrfuri ascuțite mai mici respectiv mai mari și constituesc scara electrică a aparatului (fig. 15). Frecvența f_0 este astfel aleasă, încît inter-

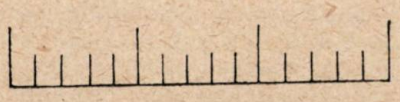


Fig. 15. Impulsii înregistrate pe ecranul osciloscopului subforma unor vîrfuri ascuțite.

valul de timp dintre impulsiile produse de generatorul 2^a (semnele mici), să corespundă unei

lungimi de linie de 10 km. Dacă admitem o viteză de propagare a impulsiilor dealungul liniei de 290 000 km/s, ținînd seama de relația $t = \frac{2d}{c}$, perioada impulsiilor va fi $T_0 = \frac{2 \cdot 10}{290\,000} =$ $= \frac{1}{14\,500} = 69$ μs, ceeace justifică valoarea frecvenței f_0 egală cu 14 500 Hz. Perioada de repetiție a impulsiilor produse de generatorul 2^b fiind de 5 ori mai mare (345 μs), va corespunde unei lungimi de linie de 50 km.

Generatorul de impulsii 2^c, cu o frecvență de repetiție de $f_0/50$, produce impulsii cu cari se comandă generatorul impulsiilor de sondaj *3*, a cărui schemă a fost prezentată în fig. 11 și blocul relaxării întîrziate *6*, care ne permite să facem controlul oricărei porțiuni de linie la o scară mai mare. Blocul relaxării întîrziate, se caracterizează prin aceea că tensiunea de relaxare (în formă de dinți de ferestrău), necesară pentru deplasarea fascicolului de electroni a tubului catodic după orizontală, nu se obține printr-un montaj auto-oscilator ca și la osciloscrafele catodice obișnuite. Inceputul și durata acestei tensiuni, sînt determinate de parametrii blocului relaxării întîrziate, format în principiu dintr'un multivibrator și un lanț diferențial. Rezultă deci, că deplasarea spotului, poate începe în orice moment, cuprins între 0 și T, în care T este perioada de repetiție a impulsiilor. Impulsia de sondaj este trimisă pe linie, prin sistemul diferențial, notat în schemă cu *4*.

Ținînd seama de precizia cu care trebuie determinat timpul cît relaxorul este blocat, cît și durata tensiunii de relaxare, este evident că nu ne putem baza numai pe valorile găsite pe cale de calcul pentru diferiții parametrii ai sistemului, ci este necesar ca aceste valori să fie confirmate pe bază de încercări experimentale. O siguranță și precizie mai mare decît blocul relaxării întîrziate, o prezintă sistemul în care pentru obținerea extensiei bazei de timp, tensiunea de relaxare este desfășurată în mai multe rînduri (etaje), dispuse în așa fel, încît un rînd să constitue continuarea rîndului anterior. Desfășurarea tensiunii de relaxare în trepte, se realizează prin descărcarea în trepte a unui condensator de încărcare dela relaxator. Fiecare rînd este împărțit prin intervale întunecoase în 10 sectoare. Aceste intervale întunecoase, se obțin aplicând cilindrului Wehnelt (al tubului catodic) impulsii negative ascuțite de aproximativ 2 μs durată, luate dela bornele rezistenței anodice a unei lămpi oscilatoare, care lucrează ca audion în montajul cu cuplaj electronic. Dacă un sector corespunde unei lungimi de linie de 2 km/13,8 μs), în ipoteza că viteza de propagare a impulsiilor este de 290 000 km/s, un rînd va corespunde unei lungimi de linie de 20 km. In mod obișnuit, numărul rîndurilor poate varia între 5-15, ceeace înseamnă că se pot face măsurători pe linii pînă la 300 km lungime. La începutul primului rînd (de sus), în momentul trimiterii pe linie, apare impulsia de sondaj, iar într-un loc oarecare al sistemului de rînduri, impulsia reflectată. Distanța pînă la locul de defect, se obține numărînd rîndurile și intervalele întunecoase pînă la impulsia reflectată și ținînd seama că un rînd corespunde la 20 km, iar un sector la 2 km lungime de linie. In fig. 16, este redată de exemplu o imagine

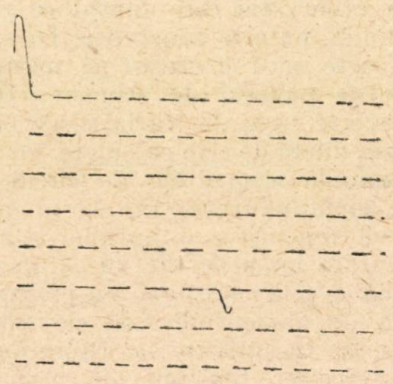


Fig. 16. Imaginea de pe ecranul tubului catodic a aparatului I. L. 1

depe ecranul tubului catodic, din care rezultă că există un scurtcircuit, la o distanță de aprox. 112 km. Precizia cu care se poate evalua distanța, este în jur de 0,5-1 km. Trebue să menționăm, că se pot ivi nepotriviri și din cauza săgeții liniei, sau datorită diferitelor diferențe de înălțime de pe traseu de care noi nu putem ține seama în mod riguros. Sistemul menționat, prezintă avantajul că ne dă la o scară potrivită, o privire generală imediată asupra întregii linii. Adaptarea la diferite lungimi de linie, se face în acest caz numai prin schimbarea numărului de rînduri.

Generatoarele cu auto-blocaj 2^a, 2^b și 2^c, a căror schemă de principiu se poate vedea în fig. 17, constitue o parte importantă a aparatului. Fără a intra în amănunte, menționăm că în realitate avem de-a face cu niște montaje auto-oscilatoare. circuitul oscilant fiind format din inductivitatea înfășurării transfromatorului de cuplaj T și capacitatea parazită a înfășurării respective.

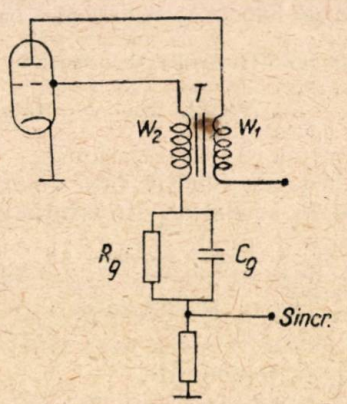


Fig. 17. Schema de principiu a unor generatoare de blocaj.

Ordinul de mărime a capacității parazite fiind de 25—50 pF, frecvența de rezonanță a circuitului va fi foarte înaltă. In circuitul de grătar, este intercalat grupul de detecție format din rezistența R_g și condensatorul C_g. Dacă cuplajul este strîns, încă din prima alternanță sarcina de încărcare a condensatorului C_g va fi atît de mare, încît tensiunea de negativare a tubului (tensiunea dela bornele condensatorului) depășind tensiunea de tăiere, tubul va fi blocat. Starea de blocare a tubului va persista pînă cînd tensiunea dela bornele condensatorului, care se descarcă peste rezistența R, nu va scădea în valoare absolută sub tensiunea de tăiere a tubului cînd jocul reîncepe. Frecvența de repetiție a impulsiei, este determinată de constanta de timp a grupului R_gC_g. In montajele încercate de noi, s-au obținut impulsii de 2—3 μs, inductivitatea înfășurării fiind de 0,025 H. In mod obișnuit, raportul de transformare $\frac{W_1}{W_2}$ al transformatorului de cuplaj T se alege 1/2 sau 1. Indicarea unei metode de proiectare a acestor generatori de impulsii, va fi obiectul unei comunicări ulterioare.

Sensibilitatea aparatului s, exprimată în Neper, este dată de logaritmul natural al raportului dintre amplitudinea tensiunii de sondaj U_d și mărimea minimă a amplitudinii impulsiei refletate U_{rmin}

$$S = \ln \frac{U_d}{U_{rmin}}, \qquad (36)$$

în care U_{rmin}, se determină prin sensibilitatea A V/mm a tubului catodic folosit și coeficientul de amplificare K al amplificatorului de intrare (5). Dacă devierea minimă a spotului, care poate fi observată pe ecranul tubului este de ex. de 2 mm., $U_{rmin} = 2\frac{A}{k}$. In mod obișnuit, sensibilitatea acestor aparate este de 7—9 Neper.

Bibliografie

(1) *Stiblic V. A.*: Izmerenia v provodnoi sviazi, Sviazizdat, 1952.
(2) *Winkler H.*: Fehlerortungsgerőt FGHL I. „Energietechnik", Nr. 8, 1952.
(3) *Puhalschi C. A.*: Izmerenia v dalnei sviazi, Sviazizdat, 1952.
(4) „Perehodnîe protesî v elektriceschih țepiah pri peredace impulsiov". Sovetskoe Radio, 1951.
(5) *Rădulef R.*: Bazele teoretice ale electrotehnicii, 1951.
(6) *Krîlov N. N.*: Impulsania tehnika-Moskova, 1950

★

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА И РОДА ПОВРЕЖДЕНИЯ ЛИНИИ, ИМПУЛЬСНЫМ МЕТОДОМ

Резюме

После краткого изложения вопроса, даются теоретические основы метода. Исходя из уравнений описывающих процессы в длинных линиях, устанавливаются законы распространения и отражения движущихся волн. Отражение зондирующих волн, в сечениях которые разделяют участки линии, имеющих различное волновое сопротивление, регистрируется на экране катодного осциллографа в форме отраженного импульса. Используя электрическую шкалу, расстояние до места повреждения можно определить непосредственно отсчитывая по экрану катодного осциллографа число делений между фронтами зондирующего и отраженного импульсов. Метод представляет то преимущество что позволяет определить не только расстояние до места повреждения но и род повреждения (короткое замыкание или обрыв линии) по знаку отраженного импульса сравнительно с зондирующим.

В последней части дается краткое описание советского аппарата 1Л1, и рассматриваются главные каскады и характеристики.

PE MARGINEA ARTICOLULUI: NOILE CONCEPȚII SOVIETICE ÎN CLASIFICAREA CĂRBUNILOR ȘI APLICAREA LOR ÎN R.P.R.

In articolul „Noile concepții sovietice în clasificarea cărbunilor și aplicarea lor în R.P.R.", publicat în „Energetica" nr. 10/1953, autorul, ing. Ilie Barbu, vorbind despre energetică, găsește necesar să dea în paranteză definiția acesteia și anume: „producerea energiei electrice și mecanice". Această definiție a energeticei este eronată și este regretabil că apare în revista „Energetica", care și-a propus să contribue tocmai „la formarea unei concepții energetice juste, avînd la bază concepția energetică sovietică" (din Cuvînt Inainte, „Energetica" nr. 1–2/1953).

Energetica, în concepția ei modernă așa cum s'a dezvoltat ea în Uniunea Sovietică în condițiile prielnice create de economia socialistă, este știința ce se ocupă cu modurile cele mai economice, – din punctul de vedere al economiei naționale considerate în ansamblul ei, – de a produce, transporta și consuma energia în *diversele ei forme*, în scopul, la locul și la timpul dorit. In consecință energetica nu se poate rezuma numai la producerea energiei electrice și mecanice.

De oarece curentul electric este purtătorul de energie cel mai mult folosit, desigur că producerea de energie electrică ocupă un loc important în energetică. Dar tot energetica se ocupă și de transportul și utilizarea energiei electrice. Toate acestea la un loc formează însă obiectul electro-energeticei, disciplină parțială a energeticei.

Destul de frecvent se folosește expresia de combustibil energetic. Prin aceasta se înțelege combustibilul care nu se pretează decît utilizărilor în scopuri energetice. Prin utilizarea combustibilului în scopuri energetice se-nțelege arderea acestuia pentru a obține un purtător de energie folosit ulterior în scop tehnologic, energetic sau gospodăresc.

Curentul electric este un asemenea purtător de energie tot atît de bine cum poate fi și aburul sau apa caldă sau supraîncălzită. Vedem deci că și aci utilizarea în scopuri energetice a combustibilului nu se poate limita numai la producerea de energie electrică sau mecanică.

Am găsit necesar de a face această precizare pentru a veni în ajutorul autorului articolului mai sus amintit, precum și a celor care încă nu cunosc conținutul acestei noi discipline, energetica.

Conf. Ing. I. Saphier

Observațiile și precizarea făcute de tov. Conf. Ing. I. Saphier sînt bine venite deoarece rectifică o formulare greșită, care poate provoca o confuzie ce nu corespunde de loc intențiilor subsemnatului.

In paranteza ce urmează după cuvîntul „energetică", figurează într-adevăr cuvintele „producerea energiei electrice și mecanice", dar această paranteză nu era destinată să dea o definiție a energeticei, ci doar să precizeze care parte a acestei vaste și importante discipline este consumatoare de cărbune.

O greșală de redactare a făcut ca să nu mai apară textul respectiv în formularea corectă: „energetica pentru producerea energiei electrice și mecanice" are nevoie de cărbune. In această formulare cred că textul ar fi fost mai just, mai clar și mai corespunzator.

In niciun caz n-a fost intenția de a da definiția energeticei într-un articol care avea cu totul alt obiect: „Clasificarea cărbunilor".

In orice caz precizarea făcută este justă și ne atrage atenția asupra nevoii de a fi mai clari în formulările făcute.

Ing. Ilie Barbu

R E C E N Z I E

H. G. HALT : Considerații asupra cedării de căldură și dimensionarea canalelor de răcire la motoare trifazate cu aripioare de răcire. Elektrotechnik (RDG), 7 (1953), 7, 335—338, 3 fig., 3 tabl., 11 form., 10 ref.

Avînd în vedere că în construcțiile actuale ale motoarelor cu aripioare de răcire, dimensiunile acestora variază în limite largi, se încearcă deducerea unei metode aproximative de dimensionare, care să permită un calcul de răcire mai precis și să asigure o mai bună utilizare a fierului și cuprului activ la motoare în scurtcircuit.

Se constată întîi că pe căile de cedare a căldurii produse în cuprul și fierul activ, rezistența cea mai mare care se opune eliminării căldurii, nu este dată de căile în medii metalice bune conducătoare, ci de păturile de aer întîmpinate. Dintre acestea întrefierul rotoric nu se poate scade sub o anumită valoare datorită unor motive cunoscute, în schimb reducerea spațiilor de aer între fierul activ și carcasa mașinei permite o micșorare considerabilă a rezistenței termice și deci o mai bună utilizare a materialului activ. Pe baza de experiențe se arată în tabele și diagrame cîștigul obținut prin reducerea spațiilor de aer interne în funcție de cedarea de căldură și căderea de temperatură. La reducerea acestei căderi cu 10% rezultă un cîștig de putere de 5%, care se realizează în speță la motoarele pînă la 5 kW cu carcase de aluminiu turnat. Anume în acest caz spațiile de aer sînt eliminate mai sigur decît la alte procedee tehnologice și alte materiale de carcasă (fontă, electron etc.).

Calculul de dimensionare a aripioarelor se bazează pe răcirea aerului în canale închise, față de care în cazul aripioarelor se consideră, datorită puternicei dispersiuni a aerului încălzit, un factor de corecție de $k = 1/10$, factor care include și influența păturei limită staționare a lui Prandtl la suprafața carcasei. Dealtfel din cauza acestei pături distanța între aripioare trebue să fie mai mare de 20 mm, pentru a obține o cedare de căldură mai intensă.

Din echilibrul debitului de căldură transmis prin suprafața metalică a unui canal și a debitului preluat de aer se deduce, după oarecari simplificări, un raport între suprafața exterioară a canalului S_0 și secțiunea liberă S_a între două aripioare, care se scrie :

$$\frac{S_0}{S_a} = \frac{c\gamma v}{\alpha} k,$$

unde c, γ și v sunt căldura specifică, densitatea și viteza aerului și α coeficientul de cedare a căldurii. Considerîndu-l pe acesta $\alpha = 7v^{3/4}$, se obține însfîrșit

$$\frac{S_0}{S_a} = 16{,}45\, v^{3/4} = K(v).$$

Din considerații geometrice rezultă de aci distanța a între aripioare sub forma

$$a = \frac{2h}{hK(v)\,10^{-3} - L}, \qquad [\text{mm}]$$

în funcție de lungimea L [m] și înălțimea aripioarelor

$$h = 1/5 \div 1/7 \cdot D_e, \qquad [\text{mm}]$$

unde D_e înseamnă diametrul exterior al carcasei.

Dacă suprafața totală exterioară S_0 se cunoaște în funcție de pierderile P din relația

$$S_0 = \frac{P}{\alpha \Delta \vartheta}, \qquad [\text{m}^2]$$

dat fiind că S_0 variază practic între 3 și 15 cm²/°C, secțiunea sau număuri n al canalelor se poate deduce și din ecuația

$$nS_a = \frac{S_0}{K(v)}.$$

Grosimea aripioarelor fiind limitată economic (din experiențe) în general la 5 mm, toate datele privind dimensionarea aripioarelor sînt fixate. Această metodă aproximativă de calcul poate contribui la unificarea principiilor de dimensionare a aripioarelor.

A. A.

PLAN TEMATIC

AL REVISTEI „ENERGETICA" PE ANUL 1954

După profilul său, revista „ENERGETICA" tratează problemele încadrate în marile grupe tematice:

I. Bazele Energeticei Socialiste
II. Energetica generală
III. Hidroenergetica
IV. Termoenergetica
V. Electroenergetica
VI. Probleme tehnico-economice
VII. Protecţia şi securitatea muncii în sectorul energetic.
VIII. Invăţămînt energetic
IX. Din experienţa U.R.S.S. şi a Ţărilor de Democraţie populară
X. Din activitatea A.S.I.T.
XI. Bibliografie-Documentare.

Datorită dezvoltării rapide în domeniul energeticei, numărul şi complexitatea problemelor cresc continuu şi nenumărate sînt temele care ar putea fi tratate în paginile revistei noastre. Din această cauză, se impune o seriere a tratării problemelor, bazată pe urgenţa, interesul şi importanţa ce o prezintă pentru dezvoltarea economiei noastre energetice.

Pe aceste considerente, Comitetul de redacţie a întocmit, cu consultarea unui grup de specialişti din diferite domenii, planul tematic prezentat în cele ce urmează şi în care sînt trecute problemele, care ar fi de dorit să fie tratate în anul 1954. Această listă nu este însă limitativă, urmînd a se publica şi alte articole dacă îndeplinesc condiţiile mai sus arătate, în special articole de experienţă proprie din domeniul montajului şi exploatării instalaţiilor noastre energetice, articole care în anul trecut au lipsit aproape cu desăvîrşire.

In vederea unei planificări corespunzătoare, rugăm pe cititorii şi colaboratorii noştri, care doresc să trimită articole, să anunţe redacţiei titlul articolului şi data aproximativă cînd vor putea preda manuscrisul.

* * *

I. **Bazele eneregeticei socialiste**

II. **Energetica generală**

1. Sursele de energie ale ţării, valoarea economică a fiecărei surse, posibilităţile tehnice de valorificare.
2. Necesităţi de energie şi natura lor.
3. Balanţa energetică.
4. Consumul de energie electrică pentru oraşe, sate, industrii de diferite categorii, transport electrificat.
5. Graficele de consum actuale şi viitoare în sistemele energetice ale R.P.R., după regiuni şi anotimp.
6. Acoperirea consumului şi a graficelor de consum cu energie produsă din diferite surse. Alegerea surselor celor mai raţionale în acest scop.
7. Determinarea raportului optim între puterea centralelor, termo şi hidroelectrice într-un sistem energetic.
8. Energetica oraşului.
9. Alimentarea cu căldură a populaţiei.
10. Electrificarea agriculturii.

III. **Hidroenergetica**

1. Amenajarea hidroenergetică a cursurilor de apă în cadrul utilizării integrale.
2. Caracteristicile energetice ale diferitelor bazine hidrografice din R.P.R.
3. Indici tehnico-economici în hidroenergetică.
4. Factorii principali care justifică punerea în execuţie a unei uzini hidfoelectrice.
5. Coeficientul de instalare optim la UHE cu diferite grade de acumulare.
6. Rolul energetic al lacurilor de acumulare.
7. Folosirea hidroenergetică raţională a lacurilor de compensaţie.
8. Regularizarea debitelor unui sistem de uzini hidroelectrice în cascadă.
9. Funcţionarea UHE într-un sistem energetic complex.
10. Grafice dispecer de regularizare a debitelor.
11. Alimentarea cu căldură a UHE prin folosirea căldurii rezultate din încălzirea generatorilor.
12. Importanţa energetică a ejecţiei în bieful aval al uzinelor hidroelectrice.
13. Automatizarea şi telecomanda uzinelor hidroelectrice.
14. Posibilităţile de reducere a preţului de cost al energiei UHE.
15. Tipizarea microhidrocentralelor.
16. Grafice dispecer pentru microhidrocentrale.

IV. **Termoenergetica**

1. Caracteristicile energetice ale combustibililor din R.P.R.
2. Folosirea energo-chimică a combustibililor, posibilităţi şi perspective în R.P.R.
3. Probleme termotehnice în legătură cu diferite procese industriale.
4. Probleme termotehnice în legătură cu producerea energiei electrice.
5. Gospodărirea căldurii în instalaţiile termoenergetice.
6. Folosirea combustibililor inferiori în focarele cazanelor de abur.
7. Focare cu extragerea lichidă a zgurei şi focare ciclon.
8. Rolul umidităţii la preparrea prafului de cărbune.
9. Prepararea cărbunelui pulverizat şi procesul de ardere în focarele cazanelor de abur.
10. Arderea cu recirculaţie a gazelor de ardere.
11. Transmiterea de căldură prin convecţie şi pierderea de presiune a gazelor de combustiune.
12. Metode pentru evitarea depunderilor de zgură în focarele cazanelor cu abur, alimentate cu praf de cărbune.
13. Dispozitive pentru reţinerea cenuşii din gazele arse, recuperarea cenuşii zburătoare la centrale termoelectrice din R.P.R.
14. Factorii principali care determină alegerea locului de construcţie a unei centrale termoelectrice.
15. Alegerea sistemului de răcire la centralele termoelectrice cu abur.
16. Tratarea apei pentru răcirea condensatorilor turbinelor cu abur (pentru ape cu duritatea de la 50° în sus).
17. Recarbonatarea apei de răcire la condensatorii turbinelor de abur.
18. Funcţionarea motoarelor Diesel cu combustibil gazos.
19. Termoficarea urbană; stadiul actual — perspective de aplicare în R.P.R.
20. Etapele de dezvoltare a termoficării în U.R.S.S.
21. Schemele de termoficare folosite în U.R.S.S.
22. Schemele de reglaj folosite în reţelele termice din U.R.S.S.
23. Probleme de exploatare economică a centralelor termoelectrice.
24. Centrale termoelectrice mici pentru electrificarea rurală.

25. Automatizarea instalaţiilor termice ale unei centrale.
26. Analize de avarii în centrale termoelectrice şi măsuri pentru evitarea lor.

V. **Electroenergetica**

1. Stabilitatea în funcţionarea sistemelor energetice.
2. Reglajul tensiunii în sistemele energetice.
3. Reglajul puterii active şi reactive în sistemele energetice.
4. Automatizarea în sistemele energetice: descărcarea automată de sarcină, reanclanşarea automată repetată, anclanşarea automată şi pornirea automată, a motoarelor.
5. Tratarea neutrului în sistemele energetice.
6. Protecţia prin relee în sistemele energetice.
7. Protecţia contra supratensiunilor în sistemele energetice. Coordonarea izolaţiei.
8. Dispecngul în sistemele energetice: telemăsuri şi telecomenzi; consideraţii asupra exploatării sistemelor.
9. Regimuri dezechilibrate de funcţionare în sistemele energetice:
— funcţionarea în două faze;
— funcţionarea cu doi conductori pămînt.
10. Perturbaţiile liniilor de energie asupra liniilor telefonice.
11. Excitaţia forţată şi stabilitatea sistemelor electrice.
12. Principii asupra alimentării cu energie electrică a oraşelor — schemele de principiu ale reţelelor de distribuţie din oraşe.
13. Protecţia prin relee a centralelor termo.
14. Automatizarea părţii electrice a centralelor termo.
15. Criteriile alegerii tipului staţiilor de conexiuni şi transformare (inclusiv schema).
16. Camera de comandă pentru centrale electrice şi staţii.
17. Iluminatul staţiilor şi clădirilor anexe.
18. Instalaţii de aer comprimat în staţii electrice.
19. Probleme de exploatare a staţiilor electrice.
20 *a*) Studiu comparativ al tipurilor celor mai raţionale de linii aeriene de înaltă tensiune în ţara noastră.
b) Tipurile de stîlpi utilizaţi la liniile de transport (în special beton armat şi centrifugat).
21. Condiţiile de calcul mecanic al reţelelor electrice, ţinînd seama de factorii specifici din ţara noastră.
22. Folosirea conductorilor de protecţie la liniile de înaltă tensiune.
23. Consideraţii asupra diverselor regimuri meteorologice şi influenţa lor asupra liniilor electrice în R.P.R.
24. Punerile le pămînt pe linii electrice:
— de protecţie;
— de serviciu (sistem 2 cond. pămînt).
25. Sisteme de reanclanşare automată rapidă şi recomandări în cazul reţelelor din ţara noastră.
26. Sistemele de distribuţie pentru alimentarea cu energie electrică a electrificărilor rurale.
27. Repararea sub tensiune a liniilor electrice de transport.
28. Mecanizarea lucrărilor de construcţie a liniilor electrice aeriene.
29. Organizarea şantierelor de construcţie a staţiilor sau a liniilor electrice.
30. Posturi de transformare: — în clădire, subterane, aeriene (pe stîlpi).
31. Liniile elctrice de distribuţie.
32. Organizarea exploatării reţelelor electrice.
33. Utilizarea oţelului şi aluminiului drept conductori în instalaţiile de distribuţie.
34. Schema de reţele de distribuţie de I.T. şi S.T.
35. Protecţia prin relee a instalaţiilor de distribuţie şi la consumatori.
36. Punerea la pămînt în instalaţiile de S.T.
37. Instalaţii interioare de forţă şi lumină.
38. Tarifarea energiei electrice.

VI. **Probleme tehnico-economice**

1. Mijloace de reducerea preţului de cost al investiţiilor şi a preţului de cost al energiei electrice la locul de producţie şi la locul de consumaţie.
2. Inidci tehnico-economici în hidroenergetică.
3. Indici tehnico-economici în exploatarea centralelor termoelectrice.
4. Consumul specific de energie electrică pe unitatea de produs în diferite industrii.
5. Stabilirea normelor de calcul al preţului de cost al energiei.
6. Căile pentru reducerea preţului de cost în proiectarea şi execuţia instalaţiilor energetice.
7. Planificarea şi normarea muncii pe şantierele de execuţie şi montaj a instalaţiilor energetice.
8. Planificarea şi normarea muncii în institutele de proiectare şi cercetări energetice.
9. Planificarea şi normarea muncii în exploatarea instalaţiilor energetice.

VII. **Tehnica securităţii şi protecţia muncii în energetică**

1. Diferite metode pentru asigurarea protecţiei şi securităţii muncii în energetică.
2. Măsuri tehnico-organizatorice în industria energetică pentru proterţia muncii.
3. Protecţia muncii în instalaţiile termotehnice.
4. Lupta contra prafului de cărbune în sălile de cazane.

VIII. **Învăţămînt energetic**

IX. **Din experienţa U.R.S.S. şi a ţărilor de democraţie populară**

X. **Din activitatea A.S.I.T.**

XI. **Bibliografie-Documentare.**

Aducem la cunoştinţa autorilor, colaboratorilor şi abonaţilor noştri, că — începînd de la nr. 4/1954 — revista „HIDROTEHNICA“ se unifică cu revista „ENERGETICA“ într-o revistă comună: „ENERGETICA şi HIDROTEHNICA“, cu un număr sporit de pagini (64).

Această unificare a apărut necesară pentru o mai bună seriere a problemelor şi a nivelului tratării lor, atrăgîndu-se în acelaşi timp un număr cît mai larg de colaboratori, hidrotehnicieni şi hidroenergeticieni.

Sîntem convinşi că tratarea unor probleme adiacente, interesînd un număr mai mare de tehnicieni în paginile unei singure reviste, este în interesul cititorilor revistei, care vor aprecia această măsură.

In privinţa difuzării noii reviste, abonamentele făcute, atît pentru revista „Energetica“, cît şi pentru revista „Hidrotehnica“, rămîn valabile pentru revista „ENERGETICA şi HIDROTEHNICA“, deasemenea planurile tematice publicate.

INDICAȚIUNI PENTRU AUTORI

Redacția roagă autorii să țină seamă la întocmirea manuscriselor, de următoarele:

1. Subiectele trimise spre publicare să fie în strânsă legătură cu sarcinile concrete ale Planului Cincinal și ale Planului de Electrificare și să reflecte munca și realizările dela locul de producție, precum și însușirea experienței și tehnicei sovietice.

2. Tratarea subiectelor să fie făcută la un nivel științific și tehnic ridicat cu consultarea literaturii sovietice de specialitate și într'un stil clar, sobru și concis, evitându-se repetările inutile.

3. Se vor respecta regulile ortografice ale Academiei R.P.R., iar notațiile și termenii tehnici să fie în concordanță cu standardele în vigoare.

4. Expunerea să nu depășească în general 10 — 12 pagini dactilografiate.

5. Articolele să fie scrise la mașină, în dublu exemplar, pe o singură față a hârtiei, la două rânduri, cu o margine în stânga de 5 cm, iar corecturile după dactilografiere să fie executate cu cerneală, pe ambele exemplare. In mod excepțional articolele vor putea fi scrise și de mână, însă numai cu cerneală, foarte citeț și tot pe o singură față a hârtiei.

6. Articolele să fie însoțite de un rezumat de aproximativ 10 rânduri.

7. Articolele să fie însoțite de desene, grafice și fotografii; numărul lor să fie numai cel strict necesar înțelegerii textului.
Desenele să fie executate în tuș negru, pe hârtie de calc, respectându-se normele STAS. In cazul când în mod excepțional, vor fi executate cu creionul, desenele să fie curate și clare. Indicațiile sau notațiile de pe desene vor fi scrise citeț. Fotografiile vor fi clare având dimensiunile de cel puțin 9 × 12 cm.
Desenele, graficele și fotografiile trebue trimise odată cu articolul, dar nu lipite pe manuscris, ci separat, adăugându-se și o listă a lor, care să cuprindă neapărat legendele respective.
Fiecare desen sau fotografie va purta un număr de ordine corespunzător cu cel menționat în text. In textul articolului se va arăta locul figurilor.

8. Formulele să fie scrise de mână, cu cerneală și foarte citeț. Indicii să fie scriși mai jos, iar exponenții mai sus; și unii și ceilalți, mai mici decât simbolurile.

9. Tabelele care vor sintetiza rezultatele cercetărilor să fie explicate și să se indice unitățile de măsură în care sunt alcătuite. Unitățile de măsură străine vor fi transformate în cele metrice.
Titlurile rubricilor se vor scrie complet, fără prescurtări. Conținutul tabelelor va fi scris cu cea mai mare atenție pentru a se evita strecurarea erorilor.

10. Autorii sunt obligați ca la finele articolelor să indice bibliografia utilizată. Această indicare se va face în modul următor:
Pentru tratate: numele autorului, titlul lucrării, localitatea și editura, anul apariției, volumul, pagina.
Pentru periodice: numele autorului, titlul revistei, n-rul, anul, pagina.

11. Toate articolele vor fi semnate de autor. Autorii vor indica totodată, citeț, numele și pronumele complet, adresa, instituția unde lucrează și numerele de telefon spre a li se putea face comunicări în caz de nevoie, precum și domiciliul și circumscripția financiară pentru a li se putea remite drepturile de autor.

12. Articolele care tratează rezultate de cercetări sau realizări vor purta viza instituției respective.

13. In cazul când li se trimit corecturile, autorii sunt obligați să le restitue în termen de maximum 24 ore, neadmițându-se nicio modificare față de manuscris.

14. Remunerarea articolelor și a desenelor se face după apariție potrivit tarifului în vigoare.

ABONAMENTELE

SE FAC LA OFICIILE POȘTALE, PRIN FACTORII POȘTALI ȘI DIFUZORII VOLUNTARI DIN INTREPRINDERI ȘI INSTITUȚII

Tarif pentru întreprinderi — *LEI 96 anual*

Tarif pentru muncitori, tehnicieni, ingineri — *LEI 30 anual*

E. 2039

Institut de Documentare Tehnică
BUCUREȘTI
ОБМЕН - CSERE
VYMÉNA - WYMIANA
TAUSCH - CMEHA

KAT

ENERGETICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ȘI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ȘI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

REFERÁLVA

4

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

1954

E 2039

ENERGETICA

Apare lunar sub îngrijirea unui Comitet de Redacţie

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Anul II ★ 1954 ★ Nr. 4 Redacţia: Bucureşti, str. I. Ghica nr. 3 ★ Tel. 3.07.30 3.57.28

Országos Müszaki Könyvtár TULAJDONA

SUMARUL

L. Stanisavlievici: Consideraţii asupra randamentului termotehnic al combustibililor 143

Bl. Nemţnar: In legătură cu problema productivităţii muncii şi planificarea ei în economia energetică. 153

C. Parteni Antoni: Alternatoare trifazate încărcate nesimetric 157

C. Mihăileanu: Rolul oscilloperturbografului în analiza avariilor din sistemele energetice 166

S. Dulberg: Calculul instalaţiilor de paratrăznet . 171

RECENZIE 176

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Л. Станисавлиевич: Соображения о теплотехническом к. п. д. топлив 143

Бл. Неминар: В связи с вопросом производительности труда и ее планировки в энергетическом хозяйстве 153

Ц. Партени Антони: Трехфазные генераторы с несимметричной нагрузкой 157

К. Михайляну: Роль осциллопертурбографа при анализе аварий в энергетических системах . . 166

С. Дульберг: Расчет громоотводов 171

РЕЦЕНЗИИ 176

REDACŢIA: Bucureşti, str. I. Ghica nr. 3
Raionul Tudor Vladimirescu
Telefon: 3.07.30, 3.57.28

CONSIDERAȚII ASUPRA RANDAMENTULUI TERMOTEHNIC AL COMBUSTIBILILOR

Ing. L. STANISAVLIEVICI

După ce în prima parte a articolului se indică bazele teoretice necesare calculului randamentului termotehnic, se compară în diferite condițiuni, valorile realizabile pentru prin ipulii combustibili din R.P.R. In acest fel se pune la îndemîna cititorilor, o serie de date interesante atît din punct de vedere al conducerii procesului de ardere însăși, cît și ca elemente utile în cadrul acțiunii pentru o justă valorificare a combustibililor pe planul economic general.

DIN PARTEA REDACȚIEI

Comparația diferitelor feluri de combustibili se face luîndu-se în considerație, în primul rînd, puterea calorifică (pe unitate de greutate sau de volum). La arderi industriale, căldura pe care o poate da un combustibil este folosită prin intermediul gazelor care iau naștere la combustie; cu cît iau naștere mai puține gaze de ardere, din unitatea de greutate sau de volum de combustibil, la aceiași putere calorifică, cu atît temperatura lor va fi mai mare. In practică nu este însă totdeauna nevoie de temperaturi ridicate, concentrate pe o suprafață mică, ci de o cantitate mare de căldură, care trebuie cedată, în cădere lentă de temperatură, obiectelor de încălzit, asamblate într-un agregat, cum sînt cazanele de abur. Mai intervin apoi și alți factori, precum: starea de agregare a combustibilului, compoziția sa chimică, energia termică necesară declanșării arderii, excesul de aer necesar întreținerii arderii, etc.

Lăsînd la o parte considerații de altă natură care pot interveni la alegerea combustibililor, legate de probleme de ansamblu și limitîndu-ne numai la aspectul tehnic, mai trebuie ținut seama, la comparația dintre diferite feluri de combustibili, de ușurința manipulării și a stocării, de complexitatea instalațiilor de ardere, de ușurința de a conduce procesul de ardere în condițiile cerute (în atmosferă neutră, oxidantă sau reducătoare), de posibilitatea de a ameliora procesul termic prin adaptarea focarului și de posibilitatea de a reduce la limită pierderile de căldură în agregat.

In această privință, superioritatea o deține combustibilul gazos natural, în primul rînd, apoi combustibilii gazoși artificiali asupra combustibililor lichizi și solizi.

Consumul de combustibil necesitat într-un proces de ardere, folosind diferiți combustibili, se stabilește comparînd randamentele lor termotehnice.

Randamentul termotehnic (η_t) este exprimat de raportul:

$$\eta_t = \frac{\text{Căldura folosită în agregat}}{\text{Aportul de căldură}}.$$

Aportul de căldură este conținutul inițial în căldură (c_1) al gazelor de ardere, în kcal/nm³.

Căldura folosită în agregat — adică în focar și eventual în diferite dispozitive recuperatoare — este diferența dintre aportul de căldură c_1 și conținutul în căldură (latentă și sensibilă) al gazelor de ardere, în punctul unde procesul tehnic aplicat este terminat; această cantitate se înseamnă cu c_2, și se exprimă în kcal/nm³.

Ambele valori c_1 și c_2 sînt raportate la cantitatea teoretică de gaze de ardere umede care iau naștere din arderea cantității de combustibil folosit.

Deci:

$$\eta_t = \frac{c_1 - c_2}{c_1} = 1 - \frac{c_2}{c_1}.$$

La ardere completă, cu cantitatea teoretic necesară de aer, conținutul inițial în căldură al gazelor de ardere este dat de raportul:

$$c_1 = \frac{\text{Puterea calorifică a combustibilului, kcal/kg sau nm}^3}{\text{Volumul gazelor de ardere umede, m}^3\text{n/kg sau nm}^3}$$

Spre simplificare, se notează:

$$c = \frac{Q}{V} \text{ kcal/nm}^3.$$

Combustibilii industriali conțin în genere, în compoziția lor hidrogen; gazele de ardere ce au luat naștere au în punctul unde procesul termic industrial este sfîrșit o temperatură mai mare de 100°; la calcularea valorii c_1 se ia în considerație, din aceste motive, puterea calorifică superioară.

In cazul arderii complete, conținutul în căldură a gazelor de ardere, la părăsirea focarului sau a agregatului, adică în punctul unde procesul termic este terminat, corespunde căldurii lor sensibile. Aceasta depinde de temperatura lor (t) și de căldura lor specifică medie la presiune constantă (c_{pg}).

Deci:

$$c_2 = t \cdot c_{pg} \text{ kcal/nm}^3$$

iar:

$$\eta_t = 1 - \frac{t \cdot c_{pg}}{\frac{Q}{V}}.$$

In practică, procesele de ardere au loc cu cantități de aer care pot diferi mult de cele teoretic necesare, în funcție de o serie de factori, dintre care cei mai importanți sînt: adaptarea

instalației de ardere la specificul combustibilului folosit și conducerea corectă a procesului de ardere. Importanță au următoarele feluri de ardere:

ardere completă, cu exces de aer.
ardere incompletă cu lipsă de aer.
ardere incompletă cu exces de aer.

Primul caz reprezintă felul obișnuit de a conduce o ardere industrială; al doilea poate avea loc uneori ca un proces voit și anume ardere în mediu reducător, dar poate fi datorit și unei conduceri greșite a arderii; al treilea caz reprezintă în tehnica arderii o excepție și este totdeauna urmarea unui proces termic realizat sau condus defectuos.

In cazul arderii complete cu exces de aer, puterea calorifică a combustibilului este folosită integral, însă volumul gazelor de ardere este mai mare decît la arderea teoretică.

Dacă însemnăm cu:

λ — factorul de aer, adică raportul dintre cantitatea de aer dat realmente arderii și cantitatea teoretic necesară;

A — volumul de aer teoretic necesar arderii, nm³/kg sau nm³,

volumul gazelor de ardere, umede, va fi în acest caz $V + (\lambda - 1)\,A$; iar conținutul inițial în căldură al gazelor de ardere este:

$$c_1 = \frac{Q}{V + (\lambda - 1)\,A} \text{ kcal/nm}^3.$$

Valoarea lui c_2 devine în acest caz:

$$c_2 = t\left[c_{pg} + (\lambda - 1)\frac{A}{V}c_{pa}\right] \text{ kcal/nm}^3$$

în care c_{pa} este căldura specifică medie, la presiune constantă a aerului, la temperatura t.

Expresia randamentului termotehnic ia următoarea formă:

$$\eta_t = 1 - \frac{t\left[c_{pg} + (\lambda - 1)\frac{A}{V}c_{pa}\right]}{\frac{Q}{V + (\lambda - 1)\,A}}$$

In cazul arderii incomplete cu lipsă de aer, puterea calorifică a combustibilului este folosită doar în parte, în raport cu factorul de aer λ, iar volumul gazelor de ardere umede rezultat din combustie, este mai mic decît la arderea teoretică.

Folosind notațiile cunoscute, puterea calorifică utilizată în acest caz este λQ kcal/kg sau nm³; iar volumul de gaze de ardere rezultat este: $V - (1 - \lambda)\,A \cdot 0{,}79$ nm³/kg sau nm³. De unde:

$$c_1 = \frac{\lambda Q}{V - (1 - \lambda)\,A \cdot 0{,}79} \text{ kcal/nm}^3.$$

Conținutul în căldură a gazelor de ardere la sfîrșitul procesului termic (c_2) corespunde în acest caz la căldura lor sensibilă plus căldura latentă determinată de conținutul lor în nearse. Acestea sînt de regulă constituite din oxid de carbon și hidrogen. La temperaturi de peste 900°C și exces mic de aer, nu apare metan în gazele de ardere; în alte împrejurări el poate apare, condiționat de reacția de echilibru chimic: $C + 2H_2 \rightleftharpoons CH_4$. Pentru practică nu se ia în considerare acest caz.

Dacă însemnăm cu:

a — conținutul în CO din gazele de ardere umede, în % vol.;

b — conținutul în H_2 din gazele de ardere umede, în % vol.

și ținînd seama că puterea calorifică a oxidului de carbon este 3050 kcal/nm³, iar puterea calorifică superioară a hidrogenului este 2560 kcal/nm³, căldura latentă a gazelor de ardere determinată de conținutul procentual în CO $= \frac{3\,050}{100} \cdot a$ și în $H_2 = \frac{2\,560}{100} \cdot b$. Conținutul în căldură a gazelor de ardere la sfîrșitul procesului termic, este:

$$c_2 = t\left[c_{pg} - (1 - \lambda)\,0{,}79\,\frac{A}{V}c_{pa}\right] + 30{,}5\,a + 25{,}6\,b \text{ kcal/nm}^3$$

Randamentul termotehnic este:

$$\eta_t = 1 - \frac{t\left[c_{pg} - (1 - \lambda)\,0{,}79\,\frac{A}{V}c_{pa}\right] + 30{,}5\,a + 25{,}6\,b}{\frac{\lambda Q}{V - (1 - \lambda)\,0{,}79\,A}}.$$

In cazul arderii incomplete cu exces de aer, pe baza considerațiilor de mai sus și păstrînd notațiile folosite, vom avea:

$$c_1 = \frac{Q}{V + (\lambda - 1)\,A}$$

$$c_2 = t\left[c_{pg} + (\lambda - 1)\frac{A}{V}c_{pa}\right] + 30{,}5\,a + 25{,}6\,b$$

Iar:

$$\eta_t = 1 - \frac{t\left[c_{pg} + (\lambda - 1)\frac{A}{V}c_{pa}\right] + 30{,}5\,a + 25{,}6\,b}{\frac{Q}{V + (\lambda - 1)\,A}}.$$

Factorul de aer (λ) se poate stabili prin una din metodele următoare:

1. Se determină din analiza gazelor de ardere uscate conținutul lor în oxigen (% O_2); acesta se recalculează asupra gazelor de ardere umede (% O'_2). Factorul de aer este:

$$\lambda = 1 + \frac{O'_2}{21 - O'_2} \cdot \frac{V}{A}$$

în care V și A au semnificația cunoscută din cele precedente.

De pildă, pentru lignitii, BL_3 cu caracteristicile date în tabelele 4 și 6, vom avea:

volumul teoretic de gaze umede: 4 nm³
volumul teoretic de gaze uscate 3,54 nm³

volumul teoretic de aer necesar : 3,6 nm³

$$O_2' = O_2 \cdot \frac{3{,}54}{4} = 0{,}885\ O_2$$

$$\frac{V}{A} = \frac{4}{3{,}6} = 1{,}11$$

$$\lambda = 1 + 1{,}11 \frac{0{,}885\ O_2}{21 - 0{,}885\ O_2}.$$

2. Se determină prin analiză conținutul gazelor de ardere uscate în CO_2, O_2, CO și H_2, iar prin diferență, N_2, în procente de volum. Se determină azotul corespunzător oxigenului din gazele de ardere (N'_2), astfel : % $O_2 \times 3{,}76 = N'_2$. Atunci :

$$\lambda = \frac{N_2}{N_2 - N_2'}.$$

Adică factorul de aer este dat de raportul dintre azotul din gazele de ardere (N_2) și azotul corespunzător oxigenului folosit realmente la ardere ($N_2 - N_2'$).

Conținutul în nearse se determină exact prin analiza chimică a gazelor de ardere ; el este indicat curent, cu exactitate suficientă pentru practică, de către aparatele de măsură aflate la agregatele respective.

Se poate stabili și prin calcul conținutul în nearse din gazele de ardere, pentru o temperatură și un factor de aer dat. In gazele de ardere umede se stabilește între componenți (abstracție făcînd de azot, care are un rol indiferent), o stare de echilibru, depinzînd de temperatură și care determină un raport cantitativ între ei ; este așa numitul echilibru al gazului de apă, ce apare la ardere incompletă :

$$\frac{CO \cdot H_2O}{CO_2 \cdot H_2} = K_c.$$

Valoarea constantei de echilibru K_c, în funcție de temperatură, este dată de tabela 1.

Tabela 1

Valoarea constantei de echilibru, K_c

°C	0	100	200	400	600	800	1000	1200	1400	1500
K_c	~ 0	~ 0	0,007	0,087	0,39	0,92	1,67	2,51	3,30	~ 3,7

Pentru temperaturi pînă la 400°C, valoarea constantei K_c poate fi considerată ca practic zero.

Pentru calcularea celor patru componenți activi ai gazelor de ardere, mai este nevoie de încă trei relațiuni. Acestea se deduc din bilanțul elementelor care iau parte la ardere : C, H_2 și O_2 și din cantitatea de gaze de ardere care rezultă. Bilanțul elementelor exprimă pentru fiecare dintre ele, pe baza rapoartelor molare, partea cu care este reprezentat în procesul de ardere a 1 kg resp. 1 nm³ combustibil.

Pentru combustibilii gazoși, a căror analiză volumetrică a compoziției lor este cunoscută, bilanțul elementelor C, H, O și N se face raportînd la unitatea de volum a gazului, părțile respective. Astfel, pentru gazul de gazogen, de compoziție dată în tabelele 4 și 5, bilanțul elementelor se prezintă astfel :

$$C = CO + CO_2 = 0{,}278 + 0{,}069 = 0{,}347$$
$$H = H_2 = 0{,}139$$

$$O = \frac{CO}{2} + CO_2 + 0{,}21 \cdot \lambda A = \frac{0{,}278}{2} + 0{,}069 + 1{,}00 \cdot 0{,}21 \cdot \lambda = 0{,}208 + 0{,}21\,\lambda$$

$$N = N_2 = 0{,}514$$

Gazele de ardere umede ce iau naștere sînt :

$$F = C + H + N + S + U + 0{,}79\,\lambda A$$

în care S reprezintă bilanțul sulfului din constituția combustibilului, iar U acela al umidității.

In cazul de care ne ocupăm, combustibilul gazos nu conține sulf nici umiditate ; gazele de ardere umede ce iau naștere vor fi :

$$F = 0{,}347 + 0{,}139 + 0{,}514 + 0{,}79 \cdot \lambda \cdot 1 = 1 + 0{,}79\lambda$$

Raportat la 1 m³ gaze de ardere, bilanțul elementelor dă :

$$C_1 = \frac{C}{F};\ H_1 = \frac{H}{F};\ O_1 = \frac{O}{F}.$$

Cele patru relații sînt :

1. $\frac{CO \cdot H_2O}{CO_2 \cdot H_2} = K_c$
2. $CO_2 + CO = C_1$
3. $H_2O + H_2 = H_1$
4. $CO_2 + \frac{CO + H_2}{2} = O_1$

Acestea dau soluțiile căutate :

1. $\frac{CO\,[CO + 2\,(O_1 - C_1)]}{(CO - C_1)\,[CO + 2\,(O_1 - C_1) - H_1]} = K_c$
2. $CO_2 = C_1 - CO$
3. $H_2O = CO + 2\,(O_1 - C_1)$
4. $H_2 = H_1 - H_2O$

Presupunînd că arderea gazului de gazogen are loc cu un factor de aer $\lambda = 0{,}90$, iar temperatura gazelor de ardere în punctul considerat este de 800° se obține :

$$O = 0{,}397\ ;\ F = 1{,}711\ ;\ C_1 = 0{,}203\ ;$$
$$H_1 = 0{,}093\ ;\ O_1 = 0{,}232$$

Inlocuind aceste valori în relațiile de mai sus, rezultă următoarea compoziție volumetrică a gazelor de ardere umede, raportată la 1 m³ de gaz combustibil :

$$CO = 1{,}66\%\ ;\ CO_2 = 16{,}60\ \%\ ;\ H_2O = 6{,}76\%\ ;$$
$$H_2 = 1{,}40\%\ ;\ N_2 = 73{,}58\%$$

Pentru gazul natural (tabele 4 și 5, în aceleași condiții, se obține :

$$F = 10{,}915\,;\ C_1 = 0{,}126\,;\ H_1 = 0{,}253\,;\ O_1 = 0{,}252$$

Compoziția volumetrică a gazelor de ardere umede, raportată la 1 m³ de gaz combustibil, este :

$$CO = 0{,}022\%\,;\ CO_2 = 8{,}75\%\,;\ H_2O = 18{,}14\%\,;\ H_2 = \sim 0\%\ N_2 = 73{,}09\%.$$

Pentru combustibilii lichizi și solizi, la care este dată compoziția elementară, în procente la greutate, bilanțul elementelor se determină astfel :

valoarea care reprezintă procentul în greutate al elementului respectiv se înmulțește cu volumul molecular 22,4 l și se împarte la greutatea moleculară a elementelor și la 100, pentru a fi adus la unitate.

Astfel, pentru păcura a cărei compoziție este dată în tabela 4 :

$$C = \frac{84{,}2 \times 22{,}4}{12 \times 100} = 1{,}572$$

$$H = \frac{11{,}1 \times 22{,}4}{2 \times 100} = 1{,}2432$$

$$N = \frac{0{,}8 \times 22{,}4}{28 \times 100} = 0{,}0064$$

$$S = \frac{0{,}6 \times 22{,}4}{32 \times 100} = 0{,}0042$$

$$O = C + \frac{H}{2} + S = 1{,}572 + \frac{1{,}2432}{2} + 0{,}0042 = 2{,}198$$

$$U = \frac{3 \times 22{,}4}{18 \times 100} = 0{,}037$$

$$F = 1{,}572 + 1{,}2432 + 0{,}0064 + 0{,}0042 + 0{,}037 + 0{,}79\,\lambda \cdot 10{,}46 = 2{,}86 + \lambda \cdot 8{,}26$$

Presupunînd ca mai sus, că arderea are loc cu un factor de aer $\lambda = 0{,}90$, iar temperatura gazelor de ardere în punctul considerat este de 800°, se obține :

$$F = 10{,}29\,;\ C_1 = 0{,}1528\,;\ H_1 = 0{,}121\,;\ O_1 = 0{,}213$$

Compoziția volumetrică a gazelor de ardere umede, raportată la 1 kg de combustibil este :

$$CO = 0{,}12\%\,;\ CO_2 = 15{,}16\%\,;\ H_2O = 12{,}16\%\,;\ H_2 = 0\%\,;\ N_2 = 72{,}56\%.$$

Pentru lignitii BL_3 cu caracteristici medii conform tabelei 4, în aceleași condiții de ardere, compoziția gazelor de ardere umede este :

$$CO = 0{,}62\%\,;\ CO_2 = 16{,}18\%\,;\ H_2O = 9{,}02\%\,;\ H_2 = 0{,}18\%\,;\ N_2 = 74{,}0\%$$

Combustibilii industriali, de folosință uzuală sînt trecuți în tabela 4 cu caracteristicile lor termo-chimice. Puterea calorifică este exprimată în kcal/kg resp. kcal/nm³.

Compoziția procentuală, în volum, a gazelor combustibile este dată în tabela 5. Pentru simplificare, admitem că gazul natural este constituit numai din CH_4 ceeace este destul de exact pentru practică, la calcularea randamentelor.

Teoretic ar putea apare în gazele de ardere, chiar la ardere completă CO și H_2, adică gaze nearse. La temperaturile ce domnesc în focar, CO_2 și H_2O din gazele de ardere pot fi disociate parțial, conform reacțiilor :

$$2\,CO_2 \rightleftarrows 2\,CO + O_2 \pm 136{,}4\ kcal$$
$$2\,H_2O \rightleftarrows 2\,H_2 + O_2 \pm 116{,}5\ kcal$$

Această disociere termică este funcție de temperatură și de presiunea parțială a gazelor ce reacționează ; fiind o reacție endotermică, ea crește cu temperatura și, avînd loc cu mărire de volum, scade cu creșterea presiunii parțiale a gazelor componente. Excesul de oxigen, de pildă, la arderea cu exces de aer, micșorează gradul de disociere ; la fel se întîmplă dacă crește conținutul în CO sau H_2 (la ardere incompletă).

Gradul de disociere (α) exprimă fracțiunea disociată din totalul amestecului, în % de greutate ; de pildă raportul dintre greutatea $CO + O_2$ către greutatea $CO_2 + CO + O_2$. La disociere totală $\alpha = 100$.

Tabelele 2 și 3 dau gradele de disociere pentru CO_2 și vaporii de apă, la diferite temperaturi, sub presiune normală.

Tabela 2

Gradul de disociere a CO_2 la presiune normală

°K	1 400	1 700	2 000	2 273	2 500	2 750	2 953	3 000
°C	1 127	1 427	1 727	2 000	2 227	2 477	2 680	2 727
α_{CO_2}	< 0,1	0,23	2,1	7	16,95	34,7	50	50,1

Disocierea CO_2 este mai pronunțată decît a vaporilor de apă. In practică, gazele de ardere părăsesc agregatul cu temperaturi mult mai mici, la care gradul de disociere a acestor componenți poate fi neglijat.

Tabela 3

Gradul de disociere a H_2O vapori, la presiune normală

°K	1 500	1 750	2 000	2 300	2 500	2 700	3 000
°C	1 227	1 477	1 727	2 027	2 227	2 427	2 727
α_{H_2O}	0,025	0,14	0,57	2,2	4,1	6,7	13

Compararea randamentelor termotehnice obținute în diferite condiții de ardere. poate da anumite indicații utile pentru practică.

Pentru calcul este nevoie de a cunoaște căldurile specifice medii, la presiune constantă (C_{pg}) ale gazelor de combustie ce iau naștere la arderea diferiților combustibili ; tabela 6 dă compoziția

gazelor de ardere umede, în % de volum ale combustibililor trecuți în tabela 4 pentru ardere teoretică ($\lambda = 1$). Pe baza acestor date și a căldurii specifice a gazelor constituente s-au de aer. Factorii de aer sînt cei întîlniți în practică. S-a ales ca exemplu gazul natural, deoarece este un combustibil industrial destul de răspîndit la noi, la arderea căruia se pot realiza

Tabela 4

Caracteristicile termochimice ale combustibililor uzuali din R.P.R.

	Felul combustibilului	Put. cal. inf.	Cenușa %	Umiditate %	Analiză elementară % în pondere					Aer teoretic necesar	Gaze de ardere umede	CO_2 max. în gaze umede %
					C	H	O	N	S	n.m³/kg	resp. mm²	
Combustibili solizi	Huilă antracitorsă, H/A	7 700 8 000	4— 9,50	0,6~ 1,5	79~ 85	3~ 3,90	4,2 ~ 6,9		0,3~ 0,6	8 ~ 8,42	8,14~8,60	18,9 19,1
	Huilă grasă, HGr . . .	6 100 7 200	6—21	1,5~ 5	63~ 75	3,8~ 4,8	6,4 ~ 11,5		3,6~ 7,7	6,8 ~ 7,7	7 ~ 8,10	18 18,4
	Huilă de gaz, HG . . .	5 600 7 300	4~ 15	3~ 8	59~ 78	4,1~ 4,5	7 ~ 14		0,8~ 3,8	6,8 ~ 7,9	6,5 ~ 8,4	18,5 18,7
	Cărbune brun huilos, B/H	5 900 7 200	4~ 13	3~ 9	62~ 72	4~ 5,6	12 ~ 20		0,5~ 2,7	6,4 ~ 7,7	6,7 ~ 8	18,2 18,6
	Cărbune brun luciu smolos, BS	3 300 5 000	14~ 36	3~ 12	35~ 54	2,8~ 3,6	12 ~ 23		1,8~ 2,8	3,5 ~ 5	3,9 ~ 5,2	17,5 18,7
	Cărbune brun lemnos (lignit), BL_1	3 000 3 300	10~ 16	19~ 27	35~ 42	3,3~ 4	20 ~ 23		0,4~ 0,6	3,5 ~ 4	3,9 ~ 4,7	18,6 19
	Cărbune brun lemnos (lignit), BL_2	3 200 3 600	7~ 9	26~ 31	36~ 42	3,1~ 3,8	20 ~ 24		0,9~ 1,2	3,5 ~ 4	3,9 ~ 4,6	19,4 19,6
	Cărbune brun lemnos (lignit), BL_3	2 500 2 900	7~ 9	30~ 44	30~ 44	2,9~ 3,9	21 ~ 25		1,4~ 1,8	3 ~ 3,6	3,2 ~ 4	19,1 19,5
Păcură		9 370	0,2	3,0	84,2	11,1	0	0,8	0,6	10,46	11,1	14,15
Gaze	Gaz de cocserie	4 160	0	0	40,3	16,85	24,75	18,1	0	4,22	4,92	9,2
	Gaz natural	8 565	0	0	73,9	24,65	0,5	0,95	0	9,52	10,52	9,5
	Gaz de gazogen	1 190	0	0	18,58	1,24	15,48	64,7	0	1,00	1,78	19,45

Tabela 5

Compoziția volumetrică a gazelor combustibile

Felul combustibilului	H_2	CH_4	C_nH_m	CO	O_2	CO_2	N_2	Greut. sp. kg/nm³
Gaz natural	0	99,2	0	0	0,15	0,1	0,55	0,719
Gaz de cocserie	50,0	24,58	2,10	10,87	0,70	3,50	8,25	0,565
Gaz de gazogen	13,90	0	0	27,80	0	6,90	51,40	1,138

calculat căldurile specifice la presiune constantă ale gazelor de ardere umede, pentru combustibilii indicați mai sus. Tabela 7 dă aceste valori, în kcal/nm³, la ardere teoretică, pentru temperaturi pînă la 1200°.

Folosind aceste valori, s-au calculat randamentele termotehnice obținute la arderea gazului natural în diferitele condiții, adică cu lipsă de aer, cu aer teoretic necesar și cu exces mai ușor în practică diferitele condiții de aer, fiindcă dispozitivele de ardere sînt simple și permit o reglare precisă (bineînțeles dacă arzătoarele de gaz sînt judicios construite).

Tabela 8 dă valorile randamentelor termotehnice pentru gazul natural; valorile astfel calculate sînt cele obținute fără recuperări prin preîncălzirea aerului de combustie sau a gazului, nici pierderi prin neetanșeități.

Tabela 6

Compoziția volumetrică a gazelor de ardere umede

	Felul combustibilului	Compoziția gazelor de ardere umede			
		CO_2	H_2O	SO_2	N_2
Combustibili solizi	Huilă antracitoasă, H/A	18,9 ~ 19,1	4,1 ~ 5	0,24 ~ 0,49	77,3 ~ 75,4
	Huilă grasă, HGr	18,0 ~ 18,4	6,7 ~ 7,4	3,5 ~ 6,6	71,8 ~ 67,6
	Huilă de gaz, HG	18,5 ~ 18,7	7,8 ~ 7,1	0,86 ~ 3,1	72,8 ~ 71,1
	Cărbune brun huilos, B/H	18,2 ~ 18,6	7,4 ~ 8,7	0,5 ~ 2,4	73,9 ~ 70,3
	Cărbune brun luciu smolos, BS	17,5 ~ 18,7	9,0 ~ 8,4	3 ~ 4	70,5 ~ 68,9
	Cărbune brun lemnos (lignit), BL_1	18,6 ~ 19	10,3 ~ 10,6	0,7 ~ 0,9	70,4 ~ 69,5
	Cărbune brun lemnos (lignit), BL_2	19,4 ~ 19,6	9,7 ~ 10,2	1,6 ~ 1,85	69,3 ~ 68,35
	Cărbune brun lemnos (lignit), BL_3	19,1 ~ 19,5	11,2 ~ 12	3 ~ 3,2	66,7 ~ 65,3
	Păcura	14,15	11,34	0,04	74,47
Gaze	Gaz de cocserie	9,2	21,6	0	69,20
	Gaz natural	9,5	19,02	0	71,48
	Gaz de gazogen	19,45	7,8	0	72,75

Tabela 7

Căldurile specifice la presiune constantă a gazelor de ardere umede ale diferiților combustibili industriali, kcal/nm³

	Felul combustibilului	Temperatura gazelor de ardere umede °C							
		0	100	200	400	600	800	1000	1200
Combustibili solizi	Huilă antracitoasă, H/A	0,330 0,331	0,338 0,340	0,347 0,349	0,363 0,365	0,378 0,380	0,389 0,391	0,399 0,401	0,409 0,412
	Huilă grasă, HGr	0,334 0,338	0,343 0,347	0,352 0,357	0,370 0,376	0,386 0,394	0,397 0,405	0,408 0,416	0,418 0,428
	Huilă de gaz, HG	0,333 0,335	0,341 0,343	0,350 0,353	0,367 0,371	0,382 0,387	0,393 0,398	0,404 0,409	0,415 0,420
	Cărbune brun huilos, B/H	0,332 0,335	0,340 0,343	0,349 0,353	0,365 0,370	0,380 0,386	0,391 0,396	0,402 0,409	0,413 0,420
	Cărbune brun luciu smolos, BS	0,335 0,336	0,343 0,345	0,352 0,355	0,370 0,373	0,385 0,389	0,397 0,401	0,408 0,412	0,420 0,424
	Cărbune brun lemnos (lignit), BL_1	0,334 0,335	0,342 0,343	0,351 0,352	0,368 0,370	0,383 0,385	0,395 0,397	0,406 0,408	0,417 0,419
	Cărbune brun lemnos (lignit), BL_2	0,336 0,336	0,344 0,345	0,353 0,354	0,371 0,372	0,387 0,388	0,398 0,400	0,409 0,411	0,421 0,423
	Cărbune brun lemnos (lignit), BL_3	0,337 0,338	0,346 0,348	0,355 0,357	0,374 0,375	0,390 0,392	0,402 0,404	0,413 0,416	0,425 0,428
	Păcură	0,335	0,343	0,351	0,368	0,383	0,394	0,406	0,418
Gaze	Gaz de cocserie	0,327	0,330	0,335	0,343	0,351	0,359	0,368	0,376
	Gaz natural	0,326	0,329	0,334	0,342	0,350	0,358	0,367	0,375
	Gaz de gazogen	0,328	0,333	0,339	0,350	0,359	0,369	0,378	0,386

Din compararea valorilor tabelei 8 se desprind următoarele constatări de ordin general, atît teoretic cît și practic :

Tabela 8

Randamente termotehnice pentru gazul natural

°C	Factorul de aer λ											
	0,8	0,85	0,9	0,95	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
0	0,711	0,789	0,871	0,943	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
100	0,673	0,751	0,832	0,903	0,960	0,953	0,944	0,935	0,926	0,916	0,906	0,895
200	0,670	0,741	0,813	0,887	0,927	0,913	0,898	0,882	0,865	0,848	0,828	0,808
400	0,599	0,668	0,738	0,801	0,849	0,822	0,791	0,759	0,724	0,688	0,649	0,607
600	0,513	0,585	0,655	0,711	0,768	0,727	0,680	0,631	0,578	0,522	0,469	0,399
800	0,430	0,502	0,572	0,627	0,684	0,627	0,564	0,499	0,425	0,348	0,267	0,189
1 000	0,342	0,411	0,480	0,537	0,595	0,521	0,441	0,356	0,265	0,165	0,062	--0,047
1 200	0,250	0,322	0,391	0,445	0,503	0,414	0,317	0,210	0,098	--0,020	--0,149	--0,281

Dacă gazele de ardere părăsesc agregatul cu temperatura de 0°, randamentele termotehnice la ardere cu cantitatea teoretic necesară de aer și cu exces de aer sînt egale cu unitatea; în acest caz, în agregat este folosit tot aportul de căldură dat de combustibil. Este un caz limită, cu semnificație pur teoretică.

Afară de acest caz, randamentul maxim se realizează cînd factorul de aer $\lambda = 1$, adică la ardere cu cantitatea teoretic necesară de aer. Valoarea lui η este totdeauna mai mică decît unitatea și scade pe măsură ce temperatura gazelor de ardere, la părăsirea agregatului, crește.

La ardere cu excese mari de aer și temperaturi ridicate ale gazelor de ardere la părăsirea agregatului, randamentele termotehnice iau valori negative. In aceste condiții de lucru temperatura de ardere realizată nu este suficientă pentru a ceda căldură obiectului de încălzit. Acest caz extrem are, bineînțeles, numai o valoare teoretică. Randamentele termotehnice obținute la ardere cu lipsă de aer pot avea valori mai mari decît acelea obținute la ardere cu mare exces de aer. Cu alte cuvinte poate fi uneori mai avantajos de a realiza în focar o ardere incompletă decît o ardere completă obținută cu un exces mare de aer. De pildă, pentru gazul natural, dacă gazele de ardere părăsesc agregatul cu temperaturi de 400°, este mai avantajos de a conduce arderea cu un factor de aer $\lambda = 0{,}95$ decît cu $\lambda = 1{,}2$. Acest raport se modifică după felul combustibilului ars și după gradul de recuperare a căldurii gazelor de ardere pentru preîncălzirea aerului.

Preîncălzirea aerului de combustie și în cazul combustibililor gazoși și preîncălzirea gazului, ameliorează randamentele termotehnice și aduce pe cele negative la valori pozitive. Preîncălzirea se face folosind căldura gazelor de combustie, realizîndu-se prin această recuperare un aport suplimentar de căldură în focar.

Recuperarea este condiționată de temperatura cu care gazele de ardere părăsesc agregatul, respectiv punctul unde procesul termic este sfîrșit. In practică se preîncălzește de obicei aerul primar, fie în total sau în parte; mai rar se preîncălzește gazul combustibil, deoarece hidrocarburile se descompun la căldură formîndu-se carbon. In linii generale, gazul de cocserie și gazul natural se pot încălzi pînă la circa 800°, gazul de gazogen mai mult.

Dacă însemnăm cu c_3 aportul suplimentar de căldură dat focarului prin preîncălzirea aerului (sau a gazului combustibil), exprimat în kcal pe n m³ gaze de ardere de compoziție teoretică, iar c_1, ca mai sus, conținutul inițial în căldură (aportul inițial) al gazelor de ardere în kcal/nm³, recuperarea căldurii gazelor de ardere este reprezentată de raportul $\frac{c_3}{c_1}$. Pentru combustibilii gazoși, el poate fi separat în doi termeni : $\frac{c_{3a}}{c_1}$, aportul de căldură obținut preîncălzind aerul de combustie, și $\frac{c_{3g}}{c_1}$ aportul de căldură obținut preîncălzind gazul combustibil.

Insemnînd cu :

t — temperatura preîncălzirii, în °C

A — cantitatea teoretic necesară de aer pentru ardere, nm³

C_{pa} — căldura specifică medie a aerului, la $t°$, în kcal/nm³

C_{pg} — căldura specifică medie a gazului combustibil la $t°$, în kcal/nm³

Q — putere calorică superioară a combustibilului, în kcal/nm³ sau kg

Atunci :

$$\frac{c_{3a}}{c_1} = \frac{t \cdot A \cdot C_{pa}}{Q}.$$

Dacă se preîncălzește numai o parte din volumul aerului teoretic necesar arderii (a %) :

$$\frac{c_{3a}}{c_1} = \frac{t \cdot A \cdot C_{pa} \cdot 0{,}01\ a}{Q}$$

Iar :

$$\frac{c_{3g}}{c_1} = \frac{t \cdot C_{pg}}{Q}.$$

Randamentul termotehnic (η_t) devine în acest caz : $\eta_t' = 1 - \frac{c_2}{c_1} + \frac{c_3}{c_1} = \eta_t + \frac{c_3}{c_1}$.

Valoarea raportului $\frac{c_3}{c_1}$ este totdeauna pozitivă, deci : $\eta_t' > \eta_t$. Pentru calcularea recuperării

prin preîncălzirea aerului, dăm în tabela 9 valorile C_{pa}, pentru temperaturile care vin în considerație.

Tabela 9

Căldura specifică, la presiune constantă, a aerului kcal/nm³

°C	0	100	200	300	400	500	600	800	1 000	1 200
C_{pa}	0,311	0,313	0,315	0,3175	0,320	0,3225	0,325	0,332	0,338	0,344

Pentru calcularea recuperării prin preîncălzirea gazului combustibil, dăm în tabela 10 valorile C_{pg}, pentru aceleași temperaturi, ale gazelor combustibile mai des folosite în practică și trecute în tabela 4.

Valorile raportului $\frac{c_{3a}}{c_1}$ pentru combustibilii industriali uzuali în raport cu temperatura de preîncălzire sînt date în tabela 11. Ele sînt calculate pentru preîncălzirea cantității totale de aer necesar arderii.

Consumul de combustibil al unui proces termic este mai mare dacă nu se recuperează căldura prin preîncălzirea aerului (în cazuri speciale și prin preîncălzirea gazului combustibil), decît dacă se realizează acest aport suplimentar de căldură în focar. Economia de combustibil (deci de căldură), exprimată în procente din consumul fără preîncălzire, este

$$\left(1 - \frac{\eta_t}{\eta_t}\right) \cdot 100.$$

Compararea randamentelor termotehnice ale diferiților combustibili, în condițiile întîlnite în practică, permite a trage concluzii principiale asupra utilizării lor.

Vom compara lignitii BL_3 păcura, gazul natural și gazul de gazogen, din punctulde vedere al randamentelor termotehnice realizate ; factorii de aer luați în considerare, pentru fiecare din acești combustibili corespund unei arderi în condiții practice foarte bune respectiv mediocre. Tabela 12 dă valorile randamentelor termotehnice obținute, fără recuperări prin preîncălzirea aerului de combustie.

Din valorile acestei tabele reiese : La temperatura de evacuare a gazelor de ardere de 0°,

Tabela 10

Căldura specifică, la presiune constantă, a gazelor combustibile, kcal/nm³

Felul gazului	Temperatura °C									
	0	100	200	300	400	500	600	800	1000	1200
Gaz de cocserie	0,328	0,339	0,349	0,359	0,370	0,379	0,389	0,409	0,427	0,422
Gaz natural . .	0,315	0,318	0,321	0,324	0,327	0,330	0,333	0,339	0,346	0,352
Gaz de gazogen	0,369	0,40ɛ	0,437	0,471	0,505	0,537	0,569	0,631	0,685	0,728

Tabela 11

Valorile raportului $\frac{c_{3a}}{c_1}$ pentru combustibilii industriali

	Felul combustibilului	Temperatura									
		0	100	200	300	400	500	600	800	1000	1200
Combustibili solizi	Huilă antracitoasă, H/A	0	0,032	0,064	0,097	0,131	0,164	0,199	0,271	0,345	0,421
	Huilă grasă, HG	0	0,030	0,060	0,091	0,123	0,155	0,187	0,255	0,324	0,396
	Huilă de gaz, HG	0	0,034	0,069	0,105	0,141	0,177	0,215	0,292	0,372	0,454
	Cărbune brun huilos, B/H	0	0,031	0,063	0,095	0,128	0,161	0,195	0,266	0,338	0,413
	Cărbune brun luciu smolos, BS . .	0	0,031	0,062	0'093	0,125	0,158	0,191	0,260	0,331	0,404
	Cărbune brun lemnos (lignit), BL_1 .	0	0,035	0,07	0,107	0,143	0,180	0,218	0,297	0,379	0.462
	Cărbune brun lemnss (lignit), BL_2	0	0,033	0,066	0,099	0,133	0,167	0,203	0,276	0,325	0,430
	Cărbune brun lemnos (lignit), BL_3 .	0	0,035	0,07	0,106	0,142	0,179	0,216	0,295	0,375	0,458
	Păcură	0	0,033	0,066	0,100	0,134	0,169	0,205	0,279	0,355	0,434
Gaze	Gaz de cocserie	0	0,030	0,055	0,086	0,116	0,145	0,176	0,240	0,305	0,366
	Gaz natural	0	0,031	0.06	0,095	0,128	0,161	0,195	0,265	0,338	0,412
	Gaz de gazogen	0	0,025	0.05	0,076	0,102	0,129	0,156	0,212	0,270	0,330

Tabela 12

Randamente termotehnice ale unor combustibili fără recuperare prin preîncălzire

°C	BL_3		Păcură		Gaz natural		Gaz de gazogen	
	$\lambda = 1,4$	$\lambda = 1,5$	$\lambda = 1,2$	$\lambda = 1,3$	$\lambda = 1,1$	$\lambda = 1,2$	$\lambda = 1,1$	$\lambda = 1,2$
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
200	0,833	0,806	0,883	0,752	0,913	0,898	0,893	0,881
400	0,644	0,596	0,756	0,691	0,822	0,791	0,779	0,755
600	0,445	0,370	0,618	0,510	0,727	0,680	0,659	0,623

Tabela 13

Randamente termotehnice ale unor combustibili, cu recuperare prin preîncălzire

°C	BL_3		Păcură		Gaz natural		Gaz de gazogen	
	$\lambda = 1,4$	$\lambda = 1,5$	$\lambda = 1,2$	$\lambda = 1,3$	$\lambda = 1,1$	$\lambda = 1,2$	$\lambda = 1,1$	$\lambda = 1,2$
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
200	0,875	0,848	0,923	0,892	0,949	0,934	0,923	0,911
400	0,709	0,661	0,836	0,771	0,899	0,868	0,840	0,816
600	0,575	0,500	0,741	0,633	0,844	0,797	0,753	0,717

andamentele tuturor combustibililor devin egale atingînd valoarea maximă $= 1$.

Cu cît creşte temperatura de evacuare a gazelor de ardere, randamentul termotehnic scade.

Randamentele cele mai mari se obţin cu combustibilii gazoşi; gazul de gazogen, care este un combustibil slab, dă randamente superioare combustibililor bogaţi. Astfel, păcura arsă cu factor de aer $= 1,2$, adică în condiţii bune, dă randamente egale cu gazul de gazogen ars cu un factor de aer $= 1,2$, adică în condiţii mediocre.

Recuperînd căldura gazelor de ardere prin preîncălzirea aerului de combustie, se realizează o îmbunătăţire a randamentului termotehnic. Tabela 13 dă valorile astfel realizate cu combustibilii şi factorii de aer folosiţi în tabela 12; s-a admis aici că 60% din cantitatea de aer necesară arderii este preîncălzită prin recuperare, folosind pentru calcul valorile din tabela 11.

Se observă că ameliorarea randamentelor termotehnice prin recuperare, este cea mai accentuată la ligniţi, descrescînd apoi în ordine, pentru păcură, gaz natural, gaz de gazogen. Recuperarea căldurii prin preîncălzirea aerului are, după cum s-a arătat, următoarea expresie:

$$\frac{c_{ga}}{c_1} = \frac{t \cdot A \cdot C_{pa}}{Q}.$$

Pentru o temperatură dată, valoarea lui depinde de valoarea raportului $\frac{A}{Q}$ care, pentru combustibilii consideraţi, descreşte dela ligniţi la gazul gazogen: 0,00114, 0,00105, 0,0010 şi 0,0007.

Economia de combustibil realizată, calculată pe baza randamentelor termotehnice a diferitelor feluri de combustibili, indică limpede foloasele economice rezultate din alegerea combustibilului pe baza acestui criteriu.

Vom compara ligniţii BL_3 cu gazul de gazogen (grupa I), pe de o parte şi păcura cu gazul natural pe de altă parte (grupa II). Insemnăm pentru aceasta cu:

η_{lt_e} randamentul termotehnic realizat cu ligniţi.

η_{lt_g} randamentul termotehnic realizat cu gazul de gazogen.

η_{lt_p} randamentul termotehnic realizat cu păcura.

η_{lt_n} randamentul termotehnic realizat cu gazul natural.

Economia realizată este exprimată în procente de combustibil gazos, adică cel cu randamentul superior, folosind relaţia:

$$\text{I.} \left(1 - \frac{\eta_{lt_e}}{\eta_{lt_g}}\right) \cdot 100 \quad \text{resp.} \quad \text{II.} \left(1 - \frac{\eta_{lt_p}}{\eta_{lt_n}}\right) \cdot 100$$

S-a calculat economia realizată, pentru fiecare grup de combustibili consideraţi, fără recuperare prin preîncălzire (curbele *1*) şi cu recuperare (curbele *2*). Valorile sînt luate din tabelele 12 şi 13, factorii de aer fiind cei corespunzători unei arderi în condiţiuni mediocre de exploatare. Figura 1 dă curbele economiei realizate comparînd ligniţii BL_3 cu gazul de gazogen; figura 2, pe cele pentru păcură în comparaţie cu gazul natural.

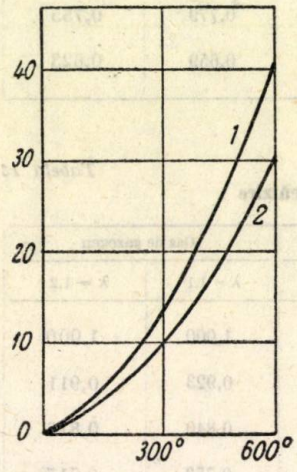


Fig. 1

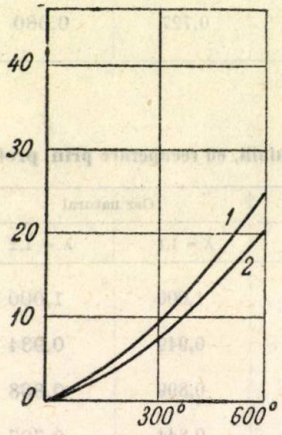


Fig. 2

In ambele cazuri apare posibilitatea de a realiza o economie de combustibil. Ea este în practică mai accentuată încă, deoarece procesu de ardere la combustibilii gazoşi se poate conduce mai lesne în condiţii bune, decît cu combustibilii lichizi şi mai ales cu cei solizi, dispozitivele de ardere fiind extrem de simple la gaze, procesul de ardere mai intens, iar arzătoarele de gaz avînd posibilităţi de reglare întrecînd de regulă pe acelea ale injectoarelor de păcură.

Gazificarea combustibililor solizi de calitate inferioară, cu recuperarea subproduselor, prezintă un interes principial, fiind una din posibilităţile de a mări randamentul combustibililor, care trebuie urmărită cu atenţie în ansamblul măsurilor pentru o mai bună valorificare a resurselor noastre de combustibil.

Stabilirea randamentelor termotehnice pentru un combustibil dat şi în diferite condiţii de ardere, permite aprecieri utile asupra conducerii optime a procesului de ardere, în special în ce priveşte regimul aerului necesar combustiei. Totodată compararea randamentelor termotehnice, în aceleaşi condiţii de ardere, ale diferiţilor combustibili, permite evaluarea economiei de combustibil realizabilă în cazul dat.

Bibliografie

Manualul chimistului. Ed. Tehnică — 1949.

★

СООБРАЖЕНИЯ О ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОМ К.П.Д. ТОПЛИВ

Резюме

После изложения, в первой части статьи, теоретических основ необходимых для расчета теплотехнического к.п.д., сравниваются, для различных усл вий, значения осуществимые для главных топлив Р.Н.Р. Таким образом предоставляется читателю ряд интересных данных как с точки зрения управления самого процесса горения, так и в качестве ценных элементов для правильного освоения топлив с общехозяйственной точки врения.

ÎN LEGĂTURĂ CU PROBLEMA PRODUCTIVITĂȚII MUNCII ȘI PLANIFICAREA EI IN ECONOMIA ENERGETICĂ*)

Dr. Bl. NEMYNAR

Creșterea și urmărirea productivității muncii constituie și pentru economia energetică o deosebită preocupare. Caracterul deosebit al condițiilor de producție și distribuție a energiei pune problema folosirii unor indici adecuați, care să oglindească cît mai fidel activitatea specifică a acestei ramuri industriale. Publicăm în traducerea de față preocupările din CSR în această privință.

DIN PARTEA REDACȚIEI

Economia energetică stă la baza reconstrucției industriei și agriculturii socialiste în C. S. R. Viteza creșterii productivității muncii este deci o problemă politico-economică importantă în economia energetică. In prezent, această chestiune trece în deosebi pe primul plan și trebuie să se țină seama de ea, întrucît economia energetică reprezintă o strangulare în dezvoltarea reconstrucției noastre.

Dezvoltarea bazei energetice a economiei naționale cehoslovace cere investiții corespunzătoare cu obiective bine definite. In planificare, ne lovim însă deseori de întrebarea justificată, dacă intenționăm să realizăm energie mai multă și mărirea productivității muncii numai cu investiții noi, fără a mobiliza rezervele noastre interne.

In ce constă miezul măririi productivității muncii?

El constă tocmai în faptul că nu măsurăm corect productivitatea muncii, că cifrele utilizate — fie absolute, fie indici — nu dau o imagine reală a muncii, a eforturilor și a activității centralelor electrice, a întreprinderilor și a întregului sector. Aceste cifre conduc deci la un plan cu obiective neclare, care nu îndreaptă atenția noastră principală asupra mobilizării rezervelor interne.

In practica planificării de pînă acum, așa cum este dată în instrucțiuni, productivitatea se calculează raportînd la cap de muncitor productiv valoarea producției brute luată la prețurile planificate. Acest fel de calcul nu dă însă adevărata imagine a eforturilor muncitorimii și a muncii în cadrul centralelor. El stabilește greșit productivitatea muncii și nu o valoare care s-ar putea compara cu alte domenii de activitate din alte uzine sau combinate industriale.

Acest fapt trebuie luat în considerație.

Există numeroase cauze obiective care influențează îndeplinirea planului și deci, productivitatea muncii. In centrale, acestea sînt de exemplu, nivelul redus al apei la centralele hidroelectrice, cerere redusă de energie din partea consumatorilor și intervenția dispecerului care dispune de dirijarea puterii centralelor.

In întreprinderile de distribuție, indicele de productivitate nu cuprinde întreaga activitate legată de distribuție. In deosebi la lucrările interne de investiții, la instalații și întreținerea utilajului, indicele de productivitate este mult influențat de cota parte a materialelor, deoarece la unele întreprinderi poate fi foarte diferită, în funcție de ponderea costurilor de materiale sau manoperă, fie a lucrărilor cu prețuri ridicate ale materialelor.

Practica folosită pînă acum la calculul productivității muncii duce la rezultate paradoxale.

Iată un exemplu: o întreprindere de distribuție are un plan valoric de bază de 1000 unități în valori planificate repartizate după cum urmează: 200 pentru salarii, 400 pentru materiale, 100 pentru amortizări și 300 pentru restul cheltuielilor. La un efectiv de 100 muncitori, rezultă o productivitate a muncii planificată de 10 unități pe cap de muncitor.

Situația reală s-ar putea prezenta însă astfel:

	Plan	Varianta I	Varianta II
Salarii	200	180	220
Materiale	400	300	500
Amortizări	100	100	100
Restul cheltuielilor	300	300	300
	1000	880	1120
% al cheltuielilor planificate	100	88	112
Productivitate pe cap de om	10	8,8	11,2

Compararea primei variante cu planul arată că productivitatea muncii este aparent prea mică, deși muncitorii au lucrat cu scurtare de termen în condiții obișnuite de salarizare. De aci au rezultat cheltuieli de salarizare mai reduse și în afară de aceasta s-a economisit material, ceeace a rezultat și dintr-o reducere a cheltuielilor de material. In a doua variantă, manopera a fost mai scumpă, s-a depășit termenul planificat și a trebuit să se presteze ore suplimentare. Muncitorii nu au făcut economie de material, însă au depășit aparent planul productivității muncii. Exemplul arată clar, cum din cauza metodei de calcul de pînă acum, se împiedică dezvoltarea productivității muncii și se reduce însemnătatea planului.

Aceste situații au fost discutate în serviciile administrative și în centrale și s-au cristalizat două puncte de vedere: unul predominant tehnic, celălalt administrativ.

Tehnicienii vor să stabilească principial productivitatea muncii, astfel ca să se elimine din cifrele de plan ale productivității toți factorii care nu pot fi influențați de către muncitori. S-au făcut diferite propuneri în acest sens. De exemplu, s-a propus ca în centralele electrice capacitatea cazanelor și mașinilor

*) Traducere din „*Energetika*" (C.S.R.), Nr. 9—52, pag. 263—66.

disponibilă pentru repartizare prin dispecer să fie raportată la numărul de muncitori necesar după normă pentru deservire. In acest fel, la aprecierea îndeplinirii planului s-ar elimina intervențiile exterioare ale dispecerului și efectul cererilor reduse de energie. Pentru întreprinderile de distribuție s-a propus să se raporteze kilowatt-orele transmise de fiecare km de rețea la numărul de funcționari și muncitori.

Propunerile economiștilor s-au concentrat asupra acumulării care oferă o imagine a succeselor economice ale centralei. Astfel, productivitatea muncii în centralele electrice ar urma să se calculeze prin acumularea raportată la cap de muncitor.

Ambele propuneri, aceea a tehnicienilor și aceea a enomomiștilor sînt greșite, deoarece rezultatele calculelor nu reprezintă productivitatea muncii, ci numai cifre caracteristice de importanță limitată pentru activitatea tehnică sau economică a întreprinderii.

Cum trebue deci atacată această problemă?

1. **Determinarea productivității muncii.** Productivitatea muncii se stabilește prin cantitatea de energie produsă pe cap de muncitor și unitate de timp. Ea se determină în două feluri :

a) prin determinarea producției totale la prețuri fixe, care se măsoară în unități naturale sau convenționale și se raportează pe unitate de timp (lună, trimestru sau an) la numărul de muncitori în producție ;

b) prin compararea timpilor de muncă : a celor prescriși de norme și a celor necesitați real pentru o anumită producție. Ambele metode arată unde se găsește cheia pentru rezolvarea problemei. Ea se găsește în situația de bază din care se deduce calculul productivității muncii, anume în determinarea și aprecierea producției totale și a efortului de muncă necesar pentru realizarea ei. Toate soluțiile problemei, cum trebuie să se calculeze și să se urmărească productivitatea muncii sînt greșite, dacă ele se bazează pe modele care au fost deduse din practica de planificare care a fost valabilă pînă acum în economia energetică. Ele sînt în contrazicere cu principiile economiei marxiste.

Cum a fost măsurată și apreciată pînă acum munca întreprinderilor noastre de producție și de distribuție?

In centralele electrice se evaluau în plan produsele principale, adică producția de energie electrică, abur, apă caldă, aer comprimat și alte produse auxiliare. Neclară a rămas evaluarea producției de energie reactivă, care este deasemena un produs necesar specific alimentării cu energie. Tot atît de neclară a fost evaluarea ca producție a muncii pentru reparații capitale și revizii. In ce privește evaluarea acestor ultime munci, trebue să ne oprim puțin asupra lor.

Ce reprezintă de fapt, din punct de vedere economic, reviziile și reparațiile capitale la instalațiile de producție? Ele reprezintă fie menținerea, fie întreținerea preventivă a instalațiilor, care nu modifică volumul și puterea lor și nici nu măresc mijloacele de bază. Cîteodată însă, se înlocuiesc la revizii și reparații capitale și părți de construcție sau se modernizează unele părți ale instalației, ceeace face ca mijlocul de bază să crească în sens economic, ca și la investiții. Aceste așa zise prestații interne de reparații capitale cu mărirea valorii și la investiții, reprezintă o parte importantă a planului de producție al întreprinderilor de distribuție. Dar mai rămîne o chestiune deschisă și anume dacă este just să se considere ca producție lucrările interne de investiție și reparații capitale cu mărirea valorii în centralele electrice.

Să considerăm această problemă din punct de vedere al economiei energetice.

Produsul nostru principal este energia. Dacă montăm agregate noi, creăm prin aceasta premizele de a putea produce energie electrică mai multă. Dar prin aceasta, energia electrică nu este încă produsă, ci noile instalații trebue exploatate.

Numai atunci se produc kilowatt-ore care se înregistrează în planul de producție. Din punct de vedere strict economico-energetic ar putea părea deci că prestațiile interne de investiții nu reprezintă o îndeplinire de plan, deoarece sarcina noastră este de a livra energie. A construi instalații noi este sarcina principală a industriei de mașini. Această considerație este însă greșită din punct de vedere al economiei socialiste. In economia noastră generală, producția de energie electrică are o însemnătate mare. Planul cincinal al C.S.R este însă un plan de industrializare, adică este un plan pentru fabricarea de mijloace de producție, de bunuri de investiție, așa cum este orice plan de economie națională socialistă. Ponderea în fabricarea de mijloace de producție este pe construcția de mașini. Cu toată organizația orizontală a producției noastre, construcția de mașini nu va putea crea însă singură toate bunurile de investiție. Sarcini mai mici și sarcini speciale ale fabricării de mijloace de producție revin sectoarelor economiei naționale, care necesită aceste produse. Așa stă cazul și cu partea de mijloace de producție și de lucrări de reparații capitale care pot apare și în programul de producție, al construcției de mașini grele. Este deci just ca această parte de fabricare de mijloace de producție, care după natura ei aparține de fapt altei ramuri de producție, să fie introdusă în planul de producție a sectorului real producător.

Nu numai lucrările interne de investiție, dar și cîteva reparații ale instalațiilor de producție trebuie să fie introduse în planul de producție și în valoarea brută a producției uzinelor. Pentru delimitarea acestor reparații, trebuie să facem o deosebire clară între lucrările care după natura lor, servesc la întreținere și cele care măresc fondul de bază.

Deși trebuie să se respecte integral delimitarea între aceste lucrări pentru a se putea evalua just schimbările survenite la mijloace de bază, nu înseamnă că reparațiile efectuate pentru

menținerea mijloacelor de bază nu ar face parte din planul de producție. Ele trebuie fără îndoială introduse în el, pentrucă și ele sînt lucrări de producție ale construcției de mașini pe care le executăm noi înșine.

Cum se prezintă aceeași chestiune în întreprinderile noastre de distribuție?

Planul de producție a întreprinderilor de distribuție cuprinde activitatea de investiții a întreprinderilor (dezvoltarea rețelelor, a stațiilor de transformare, a instalațiilor de distribuție), apoi activitatea de instalații, diferite servicii și producție auxiliară.

Sarcina cea mai importantă de producție a întreprinderilor de distribuție este distribuția energiei electrice, în ea desfășurîndu-se un proces de producție în care energia electrică la tensiunea generatorilor se transformă la tensiune de transport, din aceasta în tensiune medie și apoi în joasă tensiune. Energia se distribue pentru utilizare și servește ca putere motrice la iluminat și încălzit sau direct pentru procese tehnologice. Este un proces similar ca și transformarea minereului de fier în laminate sau în produse în industria de mașini grele. Pe lîngă exploatarea propriu zisă a stațiilor de distribuție, mai este și întreținerea instalațiilor în vederea activității întreprinderilor de distribuție care, firește nu sînt cuprinse în planul producției brute. Și aci este valabil ceeace s-a spus despre reparațiile din uzinele electrice. Dacă mijloacele de bază se înnoiesc sau se măresc, mai ales dacă se execută reparații cu caracter de investiții sau dacă se fac investiții noi, valoarea acestor lucrări trebuie introdusă în valoarea producției brute a întreprinderii de distribuție. După practica de pînă acum, majoritatea lucrărilor la instalațiile de distribuție au fost considerate ca lucrări de întreținere cu caracter de exploatare, ca de exemplu înlocuirea unui număr limitat de stîlpi, izolatori, etc. Aceasta este greșit, deoarece aceste lucrări înnoiesc sau măresc mijloacele de bază și au deseori caracter de investiții. Reparațiile capitale și investițiile se finanțează de către Banca de Stat în sarcina acumulării. Dacă deci astfel de lucruri nu intră în planul de producție, productivitatea muncii este eronat evaluată. In afară de aceasta, se deformează bilanțul mijloacelor de bază, ceeace poate duce conducerea exploatării la concluzii greșite. De aceea trebuie să se facă o separare clară între întrețineri cu caracter de exploatare și reparații cu caracter de investiții; deși ambele trebuie să intre în planul de producție.

Cele expuse arată cît de necesar este de a ameliora planul de producție al întreprinderilor de distribuție. Prima măsură care se impune este elaborarea de directive pentru planificarea și aprecierea îndeplinirii planului. Ele trebuie astfel întocmite, ca la controlul îndeplinirii planului, accentul să fie pus pe îndeplinirea reală a planului și nu pe îndeplinirea lui din punct de vedere al costurilor sau finanțării. Aceasta înseamnă însă că trebuie să se stabilească prețuri fixe pentru planificare, care sînt independente de cheltuielile ce se ivesc efectiv de fiecare dată pentru reparații sau investiții. Planul producției brute trebuie să cuprindă valoric întreaga activitate a întreprinderilor de distribuție și să se împartă după procesul de producție (transmisie, propagare, distribuție). Toate lucrările de reparații la instalațiile întreprinderilor de distribuție, precum și lucrările interne la reparații capitale și investiții se evaluează, se decontează și se controlează după prețuri fixe.

Abia după ce planul de producție va fi întocmit corect în acest fel și se va evalua real prestarea de lucru, se va putea calcula just productivitatea muncii.

Se va obiecta probabil de către întreprinderile de producție, că felul de calcul propus nu elimină condițiile obiective care influențează îndeplinirea planului. Acestea sînt mai ales disponibilitățile de apă și intervenția dispecerului. La această obiecțiune se pune întrebarea: „Ce este hotărîtor pentru economia noastră națională"? Este hotărîtoare disponibilitatea de energie sau cantitatea de energie pe care o primește consumatorul? Hotărîtor este numărul de kilowatt-ore pe care le furnizăm consumatorului. Numai energia electrică trece în producția altor ramuri ale economiei naționale. Disponibilitatea de a produce nu poate fi deci o măsură justă din punct de vedere al economiei naționale pentru activitatea unei uzine electrice, ci această măsură n-o poate da decît cantitatea de energie electrică furnizată. Este în orice caz necesar ca în sistemul de distribuție a sarcinii să se introducă o ordine, care să subordoneze acest sistem interesului planului economiei naționale și planul de distribuție a sarcinii să devină o parte a planului general.

2. **Planificarea productivității muncii.** Baza reconstrucției socialiste este mărirea neîntreruptă a productivității muncii. Aceasta înseamnă că dela an la an trebuie planificată o productivitate mereu crescîndă a muncii, care trebuie să fie atît de mare ca într-adevăr să mobilizeze toate forțele în vederea îndeplinirii sarcinilor producției. Bine înțeles că numai aceasta nu asigură îndeplinirea sarcinilor producției. Dacă de exemplu, se planifică o mărire a productivității de 10% față de anul precedent, atunci trebuie să fie clar în ce fel poate fi îndeplinită această mărire.

Ce premize trebuie îndeplinite pentru a permite mărirea productivității muncii?

Iată trei din cele mai importante:

a) ridicarea nivelului politic și a calității profesionale a muncitorilor prin învățămînt și specializare;

b) ameliorarea procesului de producție din punct de vedere tehnic și tehnologic;

c) ameliorarea organizării muncii.

A doua premiză se creează prin investiții, deoarece ameliorări tehnice în procesul de producție, agregate noi sau renovate, de capacitate mai mare, duc la o productivitate mai mare a

muncii. Dar mărirea productivității muncii se realizează mai ales printr-o organizare și raționalizare mai bună a muncii, printr-o repartiție justă a forțelor de muncă. Pentru a organiza munca mai bine și în acest fel, a ridica productivitatea muncii, trebuie folosite norme tehnice, indici tehnico-economici și norme de muncă justificate din punct de vedere tehnic.

Normele tehnice și normele de muncă mai au încă lipsuri mari. Ele nu se întocmesc pe bază de studii amănunțite și documentație tehnică, ci în cele mai multe cazuri, pe bază de experiențe și aprecieri. De aceea, la planificarea productivității muncii trebuie să se verifice regulat normele tehnice și de muncă. Cînd se planifică o mărire a productivității muncii, trebuie să se verifice și să se modifice concomitent și normele. De aceasta depinde și planul progresului tehnico-organizatoric care face parte integrantă din planul de producție și ale cărui măsuri permit norme ameliorate.

La planificarea productivității muncii trebuie deci să se procedeze după cum urmează:

In primul rînd se stabilește indicele de mărire a productivității muncii față de anul trecut. El se repartizează de către organele superioare ale planificării ca cifră de control Apoi se caută calea pe care se poate realiza mărirea planificată a productivității muncii.

In acest scop există trei mijloace principale:

a) măsuri tehnice, care sînt cuprinse în planul de investiții;

b) măsuri tehnico-organizatorice care se indică în planul progresului tehnico-organizatoric;

c) măsuri care se planifică pentru ridicarea nivelului politic și profesional al muncitorilor. Aceasta înseamnă deci un plan pentru învățămînt și pentru plasarea muncitorilor productivi și a cadrelor de muncă.

Numai printr-o astfel de analiză se obțin bazele pentru întocmirea planului de productivitate a cărui valoare finală se reflectă în planul de producție.

Cum trebue folosite aceste principii în uzinele noastre electrice și în întreprinderile de distribuție?

Participarea fiecărui muncitor în producția uzinelor electrice se exprimă prin normele de deservire, adică prin numărul de salariați ce revine la volumul inițial de instalații. Numărul muncitorilor care revine pe o unitate de putere instalată, (de exemplu 1 MW), este deci un indice important, ținînd seama în același timp de repartiția cadrelor și a calității lor. Atenția principală trebuie îndreptată asupra ameliorării normelor de deservire, care se poate obține prin automatizare și mecanizare. Norme de deservire mai bune înseamnă deci economie de forțe de muncă și ridicarea calificării lor.

In întreprinderile de distribuție, productivitatea muncii trebuie planificată pentru două feluri de activități:

1) pentru exploatare și întreținere, cu caracter de exploatare;

2) pentru restul activității pe care o desemnăm pe scurt ca activitate de investiții, adică executarea de rețele, stații de conexiuni, stații de transformare, activitate de instalare, producție auxiliară, reparații cu ridicarea valorii etc.

Pentru exploatarea instalațiilor de distribuție este principial valabil același lucru ca și pentru centralele electrice. Bazele pentru planificarea productivității sînt înainte de toate normele de deservire. Aceste norme care stabilesc de exemplu, că pentru exploatarea a 100 km rețele de medie tensiune este nevoie de un număr anumit de forțe de muncă, trebuie mereu dezvoltate. La așa zisa activitate de investiții, productivitatea muncii se calculează din valoarea brută a producției în prețuri fixe pe cap de muncitor. In ipoteza unui volum aproximativ egal de producție și asigurarea precisă a procurării materialelor, aceasta este cea mai bună metodă de planificare. Și aci este necesar să se stabilească un indice pentru mărirea productivității muncii față de anul precedent și să se fixeze într'un plan de măsuri tehnico-economice bazele care duc la ameliorarea normelor tehnice.

* * *

Planificarea productivității muncii a fost oarecum subapreciată pînă acum. Dar pentrucă mărirea productivității este sarcina de bază a reconstrucției socialiste, trebuie să ne lămurim repede cu metodele pentru măsurarea și dezvoltarea ei. Prin aceasta ne va fi posibil să conducem și să controlăm mai bine întreprinderile noastre, să coordonăm mai favorabil sarcinile individuale ale muncii noastre și să armonizăm problemele tehnice și economice. Productivitatea muncii corect planificată și controlabilă este premisa pentru contabilitatea economică în sînul întreprinderilor și decontarea pe brigadă în economia energetică.

Să se sfîrșească odată de a se spune că economia energetică și problemele ei sînt de neînțeles. Firește că trebue să ameliorăm definitiv planificarea economiei energetice și mai ales planificarea productivității muncii, pentru a putea reprezenta mai bine cererile noastre și a le face înțelese atît de muncitorii din economia energetică, cît și de ceilalți. Să adîncim disciplina de stat și să se pună economia energetică cu toată puterea în slujba economiei noastre naționale.

ALTERNATOARE TRIFAZATE ÎNCĂRCATE NESIMETRIC

(DIN LUCRĂRILE INSTITUTULUI DE ENERGETICĂ AL ACADEMIEI R.P.R.)

Prof. Ing. CESAR PARTENI ANTONI

In articol se cercetează efectele încărcărilor nesimetrice asupra alternatoarelor trifazate.

Se expun efectele componentei inverse a curentului care circulă în stator, asupra acestuia și a rotorului. Sînt analizate toate pierderile suplimentare care se produc în întreaga mașină, datorită încărcării nesimetrice.

Se expun rezultatele actuale în legătură cu criteriile care determină gradul de disimetrie admisibil pentru o anumită mașină sau categorie de mașini.

Se indică apoi un criteriu dedus din calcule analitice și completat cu un coeficient empiric pentru a ține seama de o serie de elemente greu de precizat prin calcule

Se expun diverse avarii ce se pot produce la alternatoarele încărcate nesimetric și menționate astfel în funcție.

Se arată posibilitatea de compensare a componentei inverse a curentului prin metoda descrisă de Stromiatnicov.

In concluzii se precizează o serie de recomandări care rezultă din expunerea făcută.

1. Întrebarea cu privire la posibilitatea de încărcare nesimetrică a alternatoarelor este pusă din ce în ce mai frecvent de tehnicienii și inginerii care conduc centrale electrice.

În adevăr, rețelele de transport de energie electrică pot funcționa de multe ori în două faze, dacă se ivește un defect pe cea de a treia.

Timpul de deconectare a fazei avariate se poate uneori prelungi pînă se găsește defectul și pînă se remediază.

Deconectarea unei faze într-o rețea de transport de energie electrică are ca urmare producerea unei disimetrii în transformatorul intercalat între generator și rețea. În cele din urmă, o anumită disimetrie se transmite asupra generatoarelor din centrala electrică care alimentează rețeaua prin intermediul transformatoarelor.

Această disimetrie variază cu natura montajului adoptat pentru transformatoare și cu modul de tratare a neutrului. În acest articol nu ne ocupăm de aceste calcule și presupunem că rezultă o anumită componentă inversă I_i pentru curent, care este cunoscută și care va circula în înfășurările statorului.

2. Să cercetăm care sînt efectele acestei componente inverse I_i asupra funcționării generatorului.

A. Se va produce în înfășurările statorului o încălzire mai mare prin efect Lenz-Joule, datorită acestui curent suplimentar și armonicelor impare de ordin superior care se produc.

B. Prin circulația componentei inverse I_i în cele trei faze ale statorului se va produce o f. m. m. care va da naștere la un cîmp învîrtitor. Sensul de rotație a acestui cîmp va fi invers față de sensul de rotație a rotorului întrucît este produs de curentul invers. Viteza de rotație a cîmpului invers va fi $\frac{\omega}{p}$, însemnînd cu ω pulsația curentului și cu p numărul de perechi de poli.

Cum rotorul se învîrte cu aceiași viteză în sensul direct, urmează că vor lua naștere, în masa rotorică și în înfășurările care se găsesc pe rotor, f. e. m. de frecvență dublă și în general armonice pare de ordin superior. Avem, prin urmare, un efect cu totul analog cu acel al cîmpului invers din alternatoarele monofazate.

C. Din cauza cîmpului invers ia naștere un cuplu alternativ de frecvență dublă. Acesta poate produce o creștere importantă a vibrațiilor, mai ales la generatoarele cu poli separați (cum sînt hidrogeneratoarele), care să pună în primejdie mașina. Deci, în unele cazuri încărcarea maximă nesimetrică admisibilă poate fi limitată de apariția acestor vibrații.

Alternatorul trifazat poate fi prevăzut sau nu cu amortizori.

a) Admitem că nu există amortizori.

În această situație vom cerceta care sînt efectele componentei inverse de curent asupra rotorului.

După cum am arătat mai înainte, vom avea acum un cîmp învîrtitor de frecvență dublă, care va produce pierderi suplimentare în rotor, după cum urmează :

— În înfășurările de excitație se vor produce f. e. m. de frecvență 2 ω (considerăm $p = 1$). Circuitul fiind închis asupra sursei de alimentare în curent continuu se vor produce curenți de circulație de frecvență dublă. Aceștia se vor suprapune peste curentul continuu, vor da un curent rezultant ondulat, a cărui valoare eficace va fi mai mare și deci pierderile în înfășurarea de excitație vor fi mărite.

Din experiențele făcute [1, cap. 7—13], se constată că aceste pierderi suplimentare nu sînt prea mari, cam 2% și în mod excepțional 7%.

— În masa de fier a rotorului se vor produce de asemenea pierderi suplimentare, căci sub acțiunea cîmpului invers se vor produce curenți Foucault importanți.

În fig. 1 se vede că aceste pierderi suplimentare se produc prin circulația curenților Foucault în partea periferică a rotorului și în pană. Cum între dinte și pană rezistența electrică este destul de ridicată, în aceste regiuni se vor produce încălziri, care în unele cazuri pot deveni periculoase, ducînd la stricarea izolației din

şanţuri la construcţiile cu bobinaj repartizat (tip turbo-alternator).

Sensul de circulaţie a curenţilor paraziţi de frecvenţă dublă, care se formează, este în lungul rotorului, aşa că piesele de extremitate ale acestuia servesc drept inele de scurt circuit (la fel cu ce se petrece în rotorul în scurt circuit al unui motor asincron).

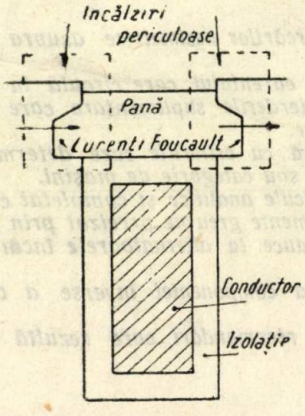


Fig. 1. Circulaţia curenţilor Foucault produşi de componenta inversă şi din care cauză au loc pierderi suplimentare în regiunea periferică a rotorului şi în pană.

Rotorul alternatorului poate fi prevăzut şi cu bandaje pentru fixarea capetelor de bobini. Dacă în funcţionare pana se atinge de bandaj, între acestea (pană şi bandaj), nefiind un contact electric bun se vor ivi rezistenţe prin care vor circula curenţi paraziţi de frecvenţă dublă. Se pot astfel produce încălziri locale foarte importante, care să ducă la topiri a unor părţi din suprafaţa dintelui, a penei şi a bandajului. Se evită aceste posibilităţi dacă se lasă un interval suficient între bandaj şi pană, sau dacă se stabileşte un contact permanent între acestea.

b) În a doua ipoteză presupunem că alternatorul este prevăzut cu amortizori.

În acest caz se vor produce pierderi prin curenţi Foucault în barele amortizorului şi în inelul de scurt circuitare, dacă există.

Aceşti curenţi vor produce un flux de sens contrar fluxului de frecvenţă dublă. Dacă amortizarea ar fi perfectă, adică ar fi suficient cupru pe amortizori, întregul flux parazit ar fi anihilat şi nu ar mai avea nici un efect în masa rotorului şi în înfăşurarea de excitaţie.

În practică, chiar o amortizare foarte bună nu poate fi considerată perfectă, căci o parte din flux trece sub formă de scăpări în masa rotorului şi în înfăşurările de excitaţie. Mărimea acestui flux este de ordinul a 5—10%; este foarte greu de calculat, însă e posibil de determinat prin măsuri experimentale, nediferind mult de la o maşină la alta, pentru acelaşi tip de construcţie.

Prin urmare, vom avea pierderi suplimentare în masa rotorului şi în înfăşurările de excitaţie şi la alternatorii prevăzuţi cu amortizori. Importanţa pierderilor în aceste circuite va depinde de modul de amortizare a maşinii.

Fie că alternatorul are sau nu amortizori, vor mai fi următoarele pierderi suplimentare: prin histerezis în masa rotorului, produse de fluxul de frecvenţă dublă, de suprafaţă la stator şi rotor şi prin pulsaţia dinţilor.

3. Vom arăta cîteva accidente produse prin încărcări nesimetrice, relatate de *Sîromiatnicov* [1, 2].

a) Un generator de tipul T-2-12-2 de 12 000 kW şi 6,3 kV a fost conectat la o reţea cu încărcare de 2 000 kW. I s-a ridicat apoi încărcarea activă la 8 000 kW, iar cea reactivă la 9 000 kVAR. La această încărcare, în regim simetric, curentul statorului era egal cu curentul nominal, iar în excitaţie curentul era mai mic, aproximativ cu 2,5% faţă de acel nominal.

Pe tablou era un singur ampermetru, care nu a indicat nimic, iar personalul nu a dat nicio importanţă acestui fapt.

S-a observat o încălzire mărită a aerului cald şi apoi o creştere continuă a temperaturii. Mai tîrziu generatorul s-a desexcitat, producîndu-se vibraţii neîngăduite. În urmă s-a observat la generator fum şi scîntei, cînd a fost oprit.

Toate acestea s-au produs dintr-o încărcare nesimetrică, care a durat cam două ore.

La oprire rezistenţa de izolaţie a rotorului a fost egală cu zero, iar a statorului 17—18 MΩ.

Controlîndu-se maşina s-au constatat picături mici de lac pe ambele laturi ale părţilor frontale la rotor şi o pătură subţire de lac pe suprafaţa interioară a statorului.

De partea excitatricei, pe părţile frontale, spre suprafaţa interioară a statorului, erau aglomerări, cu diametru de 3—5 cm, formate din picături de aluminiu şi lac şi două benzi de picături fine de aluminiu.

Vîrfurile penelor de bronz erau bombate; în aceste locuri fierul rotorului avea culori de revenire şi stratul de lac era desprins în formă de solzi. Aceste avarii erau mai importante între poli micşorîndu-se către dintele mare.

Pe partea interioară a ambelor bandaje de fixare s-au găsit urme de scurgere a lacului. Pe aceste piese de fixare a capetelor de bobini la rotor s-au observat locuri întunecate, unde era un aliaj de aluminiu şi cupru topit şi presat. După scoaterea pieselor s-a găsit izolaţia avariată între ele şi spirele superioare ale bobinelor. În urma acestor avarii s-a produs topirea spirelor de excitaţie, scurt circuit şi desexcitarea. Restul izolaţiei din părţile frontale era în bună stare.

Rotorul, încălzindu-se puternic, s-a lungit şi din această cauza s-a produs o atingere mecanică de garnitura de aluminiu, de capacul excitatricei. Cusinetul inferior de partea excitatricei s-a lăsat de 0,1—0,15 mm. Transmiterea acestei presiuni s-a făcut prin intermediul bobinelor, care n-au putut s-o preia asupra lor şi ca urmare s-a produs defectarea în punctele cele mai slabe.

b) Un alt caz se referă la un generator de 30 000 kVA, 6 600 V, 2 625 A, 3 000 rot/m, care a funcţionat în scurt-circuit monofazic 1—1,5 minute. S-au produs izbucniri de fum şi scîntei din carcasă, vibraţii puternice şi o încălzire anormală a scuturilor maşinii.

Maşina a fost oprită şi la controlul făcut s-au găsit valori normale pentru rezistenţele de izolaţie la stator şi rotor.

S-au observat urmele unor puternice încălziri la capetele cîtorva pene de alamă la rotor şi la

contactele dintre pene şi bandaje. Curbura la capete a cîtorva pene de alamă ajunsese la 8—9 mm faţă de corpul rotorului. S-au mai observat locuri arse şi urme de topire la şuruburile care strîngeau căptuşeala de fier ce acoperă îmbinarea scuturilor frontale şi statorul generatorului. La demontare s-a constatat că numeroase capete ale penelor de alamă erau depărtate de corpul rotorului cu 0,5—6 mm. Piesele de fixare din faţa penelor erau deformate şi prezentau urme de arc. Barele de amortizare au fost găsite rupte la ieşirea din şanţuri. Izolaţia părţilor frontale era totuşi satisfăcătoare.

Din relatarea acestor două exemple şi din alte cazuri citate în literatură, constatăm că funcţionarea alternatoarelor în regim nesimetric, chiar pe un timp foarte scurt, de ordinul a 1—2 minute, poate produce foarte grave avarii şi în general maşina este scoasă din funcţiune, trebuind să fie supusă la diverse reparaţii.

Părţile avariate sînt în special penele de alamă sau oţel, care, mai ales la capete, sînt curbate şi scoase din şanţuri, aşa că uneori pot atinge chiar statorul. Aceasta arată că închiderea curenţilor paraziţi, care circulă în lungul rotorului, se face, în special, prin capetele penelor.

Barele amortizoare, care în aceste cazuri sînt parcurse de curenţi extrem de intenşi, sînt deformate, scoase din şanţuri şi uneori rupte.

De asemenea piesele frontale de fixare şi bandajele sînt supuse la deteriorări, întrucît se produc temperaturi excesiv de mari.

4. Din expunerea făcută rezultă pericolul mare pentru generatoarele care ar funcţiona într-un regim nesimetric, ce depăşeşte anumite limite.

Problema aceasta interesează pe conducătorii de centrale electrice care utilizează maşinile, pentru a lua măsurile necesare încît să nu se ajungă la avarierea lor.

În acelaş timp proectanţii de maşini electrice sînt interesaţi în această chestiune, urmînd să prevadă în ce măsură maşinile fabricate pot suporta încărcări nesimetrice, care să nu le producă stricăciuni.

Recomandările care se întîlnesc adesea, de a nu avea un curent invers care să depăşească 5—10% (după autori) din curentul normal nu sînt juste, căci nu ţin seamă de încărcarea generatorului şi nici de tipul de construcţie (cu poli separaţi sau cu bobinaj repartizat, cu sau fără amortizori, etc.).

Cu drept cuvînt, *I. A. Sîromiatnicov,* în studiile sale asupra generatoarelor sincrone [1, 2], nu este de acord cu aceste recomandări.

Acest autor este de părere, că limita admisibilă pentru încărcarea nesimetrică a unui alternator trebuie astfel stabilită încît:

a) în faza cea mai încărcată a statorului să nu se depăşească curentul normal al maşinii;

b) să nu se producă în nicio parte a rotorului încălziri locale care să treacă peste limitele de temperatură compatibile cu clasa de izolare a materialului respectiv;

c) vibraţiile mecanice, care se produc, în special la hidrogeneratoare, să nu împiedice buna funcţionare a maşinii.

Admiţînd aceiaşi încălzire a bobinajului de excitaţie în încărcarea nesimetrică ca şi în aceea simetrică normală, autorul citat ajunge la următoarea relaţie:

$$\frac{I_d}{I} = \frac{\sqrt{(v_n-1)^2+(v_n-1)\left[(v_n-1)^2+v_n^2\varepsilon^2\frac{k_1 P_{1n}}{P_{ex}}\right]}-(v_n-1)}{(v_n-1)^2+v_n^2\varepsilon^2\frac{k_1 P_{sn}}{P_{ex}}}$$

în care:

I_d este curentul direct;

I — curentul normal;

$v_n = \frac{I_e}{I_0}$ — excitaţia nominală relativă;

I_e — curentul de excitaţie la încărcarea normală;

I_0 — curentul de excitaţie la mersul în gol;

$\varepsilon = \frac{I_i}{I_d}$ — gradul de disimetrie;

$k_1 < 1$ — un coeficient care ţine seamă de acea parte a pierderilor suplimentare care influenţează încălzirea bobinajului de excitaţie. La maşinile cu poli separaţi $k_1 = 0{,}1—0{,}2$; la maşinile cu bobinaj repartizat $k_1 = 0{,}5—0{,}6$;

P_{sn} — pierderi suplimentare în rotor cînd curentul invers I_i este egal cu curentul normal;

P_{ex} — pierderile în circuitul de excitaţie la încărcarea normală şi simetrică.

Admitem că factorul de putere rămîne acelaş cînd variază încărcarea nesimetrică.

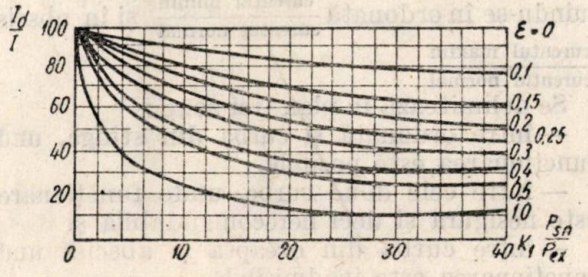


Fig. 2. $\frac{I_d}{I_i}\cdot 100 = f\left(k_1\frac{P_{sn}}{P_{ex}}\right)$ pentru diferite valori ale gradului de disimetrie ε. Factorul de putere este $k = 0{,}8$, curentul de scurt circuit 0,7 şi $v_n = 2{,}3$. (curbe date de Sîromiatnicov).

În fig. 2 se arată curbele care dau raportul $\frac{I_d}{I}$ între curentul direct şi curentul normal, în funcţie de $k_1\frac{P_{sn}}{P_{ex}}$, pierderile suplimentare, reduse la curentul normal al statorului şi raportate la pierderile de excitaţie în încărcare normală. În trasarea acestor curbe s-au luat următoarele valori: factorul de putere $k = 0{,}8$, valoarea curentului de scurt circuit 0,7 şi $v_n = 2{,}3$. În

figură sînt date curbe care corespund la diferite grade de disimetrie ε. Curentul invers se determină din relația $I_i = \varepsilon I_d$.

Sarcina nesimetrică care rezultă poate fi mărită dacă factorul de putere are o valoare mai mare de 0,8. În acest caz disimetria admisibilă se calculează prin metoda aproximației, utilizînd caracteristicile generatorului și relația :

$$\frac{I_i}{I} = \sqrt{\frac{P_{ex}}{k_1 P_{sn}}\left(1 - \frac{I_{1e}^2}{I_e^2}\right)}$$

unde I_{1e} este curentul de excitație la încărcarea nesimetrică considerată.

Cu ajutorul relațiilor de mai înainte, *N. G. Gheinin* [3] a trasat curbele din fig. 3, date prin relațiile :

$$I_i = f(I_d) \text{ și } \frac{I_i}{I_d} \cdot 100 = f(I_i),$$

pentru un anumit turbo-generator construit de uzina „Electrosila".

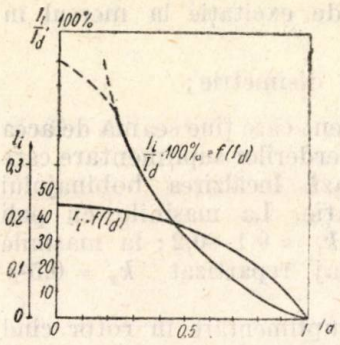


Fig. 3. $I_i = f(I_d)$ și $\frac{I_i}{I_d} \cdot 100\% = f(I_d)$. (Curbe trasate de Gheinin).

Trasîndu-se curbe analoage și pentru alte mașini se poate deduce încărcarea nesimetrică admisibilă.

In fig. 4 se arată o altă metodă pentru determinarea încărcării maxime nesimetrice, care poate fi suportată de o mașină de un anumit tip de construcție, cu puteri între 500 și 10 000 kW [4].

Se trasează curbele ce se văd în figură, luîndu-se în ordonată $\frac{\text{curentul minim}}{\text{curentul normal}}$ și în abscisă $\frac{\text{curentul maxim}}{\text{curentul normal}}$.

Se delimitează în plan trei zone :

— între ordonată și curba din stînga, unde funcționarea este posibilă,

— între cele două curbe, unde funcționarea este nesigură și deci nerecomandabilă și

— între curba din dreapta și abscisă unde funcționarea este inadmisibilă.

Avînd o mașină de un tip pentru care aceste curbe sînt valabile, determinăm cele două coordonate după rapoartele arătate mai sus și situăm punctul în plan. După poziția ocupată ne putem da seama dacă nesimetria la care vrem să funcționeze generatorul este sau nu admisibilă.

5. Metodele de evaluare a încărcării nesimetrice maxime admisibile la un generator, prezentate la punctul precedent au dezavantajul că se referă la o anumită mașină sau în cel mai bun caz la o serie de mașini de același tip de fabricație.

O soluție generală a acestei chestiuni pe cale analitică este foarte greu de dat.

In cele ce urmează vom încerca o posibilitate care să dea unele indicații în rezolvarea problemei de care ne ocupăm.

Alternatorul alimentat cu un curent invers prin stator se poate asimila cu un transformator

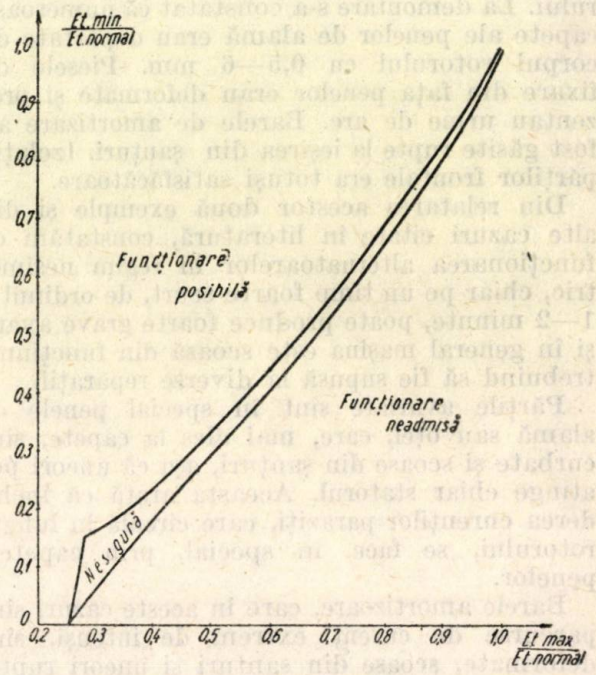


Fig. 4. Determinarea grafică a gradului de disimetrie admisibil pentru alternatoare de o anumită fabricație.

în care primarul trifazat este statorul generatorului (fig. 5).

Acest transformator poate fi considerat că la secundar este prevăzut cu trei înfășurări :

a) una polifazată de amortizare *A*, dacă există, pusă în scurt circuit ; se va ține seama dacă inelul de scurt circuitare se prelungește și în spațiile interpolare, constituind o amortizare transversală ;

b) de excitație *Ex* monofazată, pusă în scurt circuit asupra sursei de alimentare de curent continuu. Aici, peste curentul continuu se suprapune un curent alternativ de frecvență dublă, urmînd să se calculeze curentul rezultant ;

c) a treia înfășurare secundară o considerăm masa rotorului *FH*, care se poate admite că, constitue o spiră în scurt circuit. Se vor produce pierderi prin histeresis și curenți Foucault din pricina cîmpului de frecvență dublă.

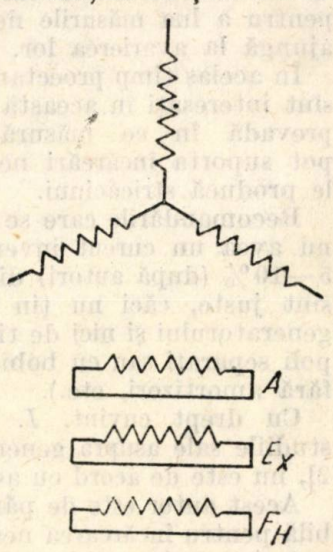


Fig. 5. Schema echivalentă a unui alternator prevăzut cu amortizori.

Studiul regimului nesimetric admisibil, înseamnă a cerceta ce componentă inversă de curent se poate permite, încît în noua situație, însumînd toate pierderile, să nu avem depășiri a temperaturilor maxime admisibile la rotor sau la stator.

În acest scop este necesar să evaluăm, pe rînd, pierderile totale din rotor și din stator.

În rotor, în afară de pierderile normale, vor mai interveni următoarele:

a) pierderile prin încălzire în amortizori, adică în bare și în inelul de scurt circuitare;

b) admitem că fluxul neamortizat care pătrunde mai departe, dincolo de circuitul amortizor, ar fi $\lambda\Phi_i$ în care $\lambda < 1$, iar Φ_i este fluxul produs de componenta inversă a curentului.

Acest flux, de frecvență dublă, trecînd în restul circuitului rotoric va produce pierderi în înfășurările de excitație și în masa rotorului. Presupunem că fluxul din masa de fier reprezintă o fracțiune λ_1 din fluxul neamortizat $\lambda\,\Phi_i$, încît restul fluxului $(1-\lambda_1)\,\lambda\Phi_i$ va pătrunde în înfășurarea de excitație. (În calcule s-a ținut seamă de f. m. m.). Va lua naștere în înfășurarea de excitație o f. e. m. de frecvență dublă, care în unele împrejurări poate avea o valoare mai ridicată, încît să pună în pericol izolația între spire. Circuitul înfășurării de excitație este închis asupra sursei de alimentare, în general o excitatrice. Curentul de frecvență dublă care ia naștere nu va fi prea important, căci impedanța circuitului total (formată din înfășurările de excitație ale rotorului, înfășurările polilor auxiliari ai excitatricei și indusul acesteia) este destul de ridicată.

Curentul rezultant în înfășurări va fi:

$$i_e = I_{1e} + \sqrt{2}\, I_{2e} \sin 2\omega t$$

în care:

I_{1e} este curentul continuu și
I_{2e} — curentul de frecvență dublă.

Valoarea eficace a curentului rezultant va fi [5]:

$$I_e = \sqrt{I_{1e}^2 + I_{2e}^2}.$$

Pierderile suplimentare în înfășurările de excitație sînt în general destul de reduse, după cum s-a verificat experimental [1, cap. 7—13] și s-a arătat mai înainte. Totuși, temperatura punctului cel mai cald se poate ridica, ajungînd chiar la de două ori valoarea normală.

c) În masa rotorului vom avea pierderi prin curenți Foucault, a căror importanță depinde de natura constructivă a rotorului. Fie că este cu poli separați sau cu bobinaj repartizat, în genere acest rotor este masiv (construit dintr-o singură piesă, sau din discuri de 3—5 cm grosime) și deci se vor produce pierderi suplimentare importante din cauza componentei inverse a curentului.

d) Vom mai avea pierderi prin histeresis în masa rotorului, acesta fiind sediul unei variații de flux de frecvență dublă, ceiace nu era cazu în funcționarea simetrică.

e) Se mai adaugă pierderile de suprafață la rotor și prin pulsația dinților, produse de fluxul de frecvență dublă și care apar ca pierderi suplimentare, mărind pierderile normale din rotor.

f) Mai sînt pierderile datorite armonicelor pare de ordin superior, care se produc în rotor, dacă amortizarea nu-i totală. Importanța a ce stor pierderi față de acele datorite armoni° 2 este redusă, încît le neglijăm în calcule.

Toate aceste pierderi, care se produc în roto^r, pot fi puse sub forma:

$$P_r = [(1-\lambda^2)\, k_2 + \lambda^2\,(1-\lambda_1)^2\, k_3 + \lambda^2 \lambda_1^2\, k_4]\, I_i^2 + k_6\, I_e^2 + p_r$$

în care:

k_2 se referă la pierderile în amortizor,
k_3 — la pierderile în circuitul de excitație produse de curentul invers,
k_4 — la pierderile totale în fierul rotorului,
k_6 — la pierderile în înfășurarea de excitație, datorite curentului continuu.

Aceste constante depind de elementele constructive ale mașinii, iar p_r sînt pierderile în rotor la funcționare normală, exclusiv pierderile în înfășurările de excitație.

In constanta k_4 elementul preponderent îl constitue factorii care se referă la pierderile prin curenți Foucault în masa de fier.

Cercetînd expresia de mai sus a pierderilor în rotor, putem avea următoarele cazuri:

$\lambda = 0$, cînd amortizarea este totală; pierderile devin:

$$P_{r0} = k_2\, I_i^2 + k_6\, I_e^2 + p_r$$

cuprinzînd pierderile în circuitele amortizor și de excitație. S-a constatat din practică că mașinele cu amortizori suportă încărcări nesimetrice mai mari decît acele neamortizate.

$\lambda = 1$, cînd amortizarea nu există; pierderile sînt:

$$P_{r1} = [(1-\lambda_1)^2\, k_3 + \lambda_1^2\, k_4]\, I_i^2 + k_6 I_e^2 + p_r.$$

În acest caz avem toate pierderile din rotor, afară de acele din amortizor, preponderente fiind pierderile în fierul rotorului.

$0 < \lambda < 1$, cînd mașina are un grad oarecare de amortizare.

$I_i = 0$, adică dispare componenta inversă; pierderile în rotor rămîn:

$$P_r' = k_5^2\, R_{ex} I_e^2 + p_r$$

unde:

$$k_6 = k_5^2\, R_{ex}$$

R_{ex} este rezistența circuitului de excitație;
k_5 — un coeficient mai mic decît unitatea sau cel mult egal, pentru cazul cînd alternatorul se găsește la plină încărcare.

Urmărim încălzirea rotorului cînd se produc şi pierderile suplimentare. Pentru aceasta admitem că încălzirea este proporţională cu pierderile şi invers proporţională cu suprafaţa de răcire. Evaluăm încălzirea şi pentru funcţionarea normală. Scrim apoi condiţia ca încălzirea la funcţionarea nesimetrică să nu depăşească încălzirea la mersul normal cu sarcină simetrică. Ajungem astfel la condiţia :

$$I_i \leqslant I_e \sqrt{R_{ex} \frac{1 - k_5^2}{k_7}}$$

în care :

$$k_7 = (1 - \lambda^2)\, k_2 + \lambda^2 (1 - \lambda_1)^2 k_3 + \lambda^2 \lambda_1^2 k_4.$$

Cînd maşina se găseşte la încărcare normală şi plină excitaţie $k_5 = 1$ şi deci $I_i = 0$. Această concluzie înseamnă, că un alternator la plină încărcare nu poate suporta nici o componentă inversă, deci nu poate avea o sarcină nesimetrică.

La alte valori ale încărcării, deci pentru diferite valori ale factorului k_5 se vor determina valorile maxime admisibile pentru componenta inversă I_i, în ipoteza de a nu depăşi încălzirile maxime admisibile.

Cu ajutorul ultimei relaţii stabilite, putem răspunde la anumite întrebări în legătură cu funcţionarea nesimetrică a unui alternator.

La o maşină existentă s-ar putea calcula constanta k_7 în funcţie de diversele elemenete constructive. Greutăţi foarte serioase se ivesc însă pentru determinarea coeficienţilor λ şi λ_1, care trebuie apreciaţi în legătură cu valorile găsite la maşini de construcţie similară, sau se determină experimental.

Direct se poate măsura k_7 pe o maşină existentă, căci cunoaştem R_{ex}, I_e şi k_5 fixîndu-ne o anumită valoare pentru componenta inversă I_i.

Cunoscînd pe k_7, putem calcula pentru orice regim de funcţionare a maşinii (un I_e cunoscut), care-i gradul de disimetrie admisibil, adică care-i componenta inversă maximă pe care maşina o poate suporta fără pericol. Se poate trasa o curbă care să dea $I_i = f\ (k_5)$, adică componenta inversă admisibilă pentru o anumită încărcare. Dacă putem calcula coeficientul k_7 după datele de proectare, vom trasa aceiaşi curbă, fără a mai fi nevoie de o măsură directă.

Relaţia de mai sus poate fi pusă sub forma :

$$k_7 \leqslant R_{ex} \left(\frac{I_e}{I_i}\right)^2 (1 - k_5^2).$$

Astfel scrisă, această condiţie poate servi la proectarea unui alternator, cînd o anumită componentă inversă este impusă pentru o încărcare determinată (căreia îi corespunde după caracteristici o valoare cunoscută pentru I_e). Modificînd anumite părţi ale maşinii, cum ar fi amortizorii, calitatea materialului din rotor, sau din dimensiunile generale, vom ajunge ca ultima inegalitate să fie satisfăcută şi deci realizată condiţia impusă de funcţionare nesimetrică.

6. Examinăm ce se petrece în stator, cînd circulă o componentă inversă I_i a curentului.

In regim desechilibrat pierderile Lenz-Joule vor fi :

$$P_d = k_8 R_e (I_1^2 + I_2^2 + I_3^2)$$

în care :

R_e este rezistenţa pe fază a statorului ;

k_8 — un coeficient care se referă la prezenţa curentului alternativ, cuprinzînd şi pierderile suplimentare prin curenţi Foucault în barele statorului. Acest coeficient variază între 1,05 şi 2 ;

I_1, I_2 şi I_3 — curenţii care circulă respectiv în fazele 1, 2 şi 3 ale statorului.

Cu ajutorul componentelor simetrice [6], putem scrie :

$$I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 = 3\,(I_i^2 + I_d^2).$$

Componentă homopolară nu există întrucît presupunem că punctul neutru al alternatorului este izolat, încît $I_h = 0$.

Ţinînd seama de valorile precedente şi de gradul de disimetrie $\varepsilon = \frac{I_i}{I_d}$, pierderile devin :

$$P_d = k_g \left(1 + \frac{1}{\varepsilon^2}\right) I_i^2 \quad \text{cu} \quad k_g = 3\, k_8\, R_e.$$

În regim echilibrat, pierderile în cupru sînt :

$$P_e = 3\, k_8 R_e I^2,$$

unde I este curentul din oricare fază a statorului.

Punînd aceleaşi condiţii ca şi la rotor, în ce priveşte încălzirea maximă a statorului, adică de a nu se depăşi în regim nesimetric limitele admisibile pentru regimul simetric, ajungem la rezultatul

$$I_i \leqslant \frac{I}{\sqrt{1 + \frac{1}{\varepsilon^2}}}.$$

Se vede din această condiţie că componenta inversă a curentului, în regim nesimetric, trebuie să fie mai mică decît curentul normal în regim simetric, depinzînd de gradul de disimetrie ε.

Presupunem $\frac{1}{\varepsilon} = 0$, adică componenta directă nulă, $I_d = 0$; rezultă $I_i \leqslant I$, deci componenta inversă nici într-un caz nu poate depăşi curentul normal al maşinii.

Cînd $\frac{1}{\varepsilon}$ tinde către infinit, adică componenta directă creşte foarte mult, deducem că I_i, componenta inversă va scădea mereu, tinzînd către zero.

Dacă $\varepsilon = 1$, cele două componente sînt egale, $I_i = I_d$; condiția devine $I_i \leqslant \frac{I}{\sqrt{2}}$

Notînd

$$b = \frac{1}{\sqrt{1+\frac{1}{\varepsilon^2}}}$$

condiția de mai înainte devine :

$$\frac{I_i}{I} \leqslant b.$$

Trasăm în fig. 6 o curbă în care $b = f(\varepsilon)$.

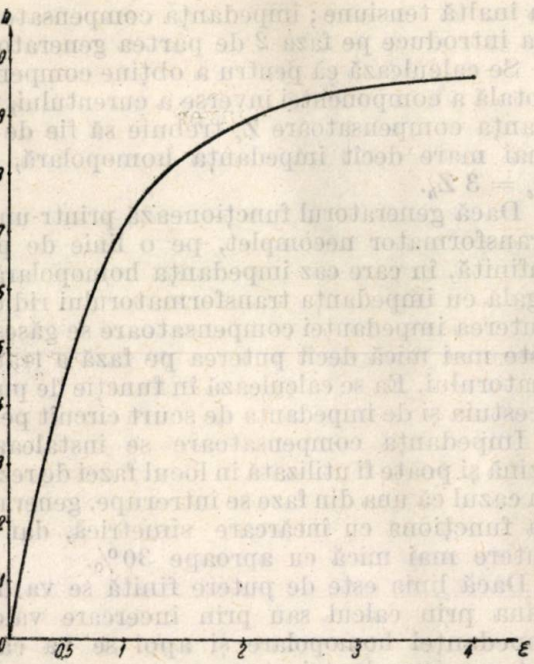


Fig. 6. Variația lui $b = \frac{1}{\sqrt{1+\frac{1}{\varepsilon^2}}}$ în funcție de $\varepsilon = \frac{I_i}{I_d}$.

Relația la care am ajuns este cu caracter general și se poate aplica la orice mașină sincronă, căci nu depinde de constantele respective. La stator aceasta se explică prin faptul că prezența componentei inverse nu modifică decît pierderile în cupru, neintervenind celelalte elemente constructive ale mașinii.

Cu un grad de disimetrie ε dat, din fig. 6 deducem b. Cunoscînd curentul normal al mașinii I, găsim, din condiția de mai sus, valoarea maximă admisibilă pentru I_i, componenta inversă a curentului.

7. Din expunerea făcută constatăm, că pentru a nu se produce avarii la un alternator încărcat nesimetric este necesar să îndeplinim două condiții, una pentru rotor și alta pentru stator. Condiția care se referă la rotor este foarte dificil de calculat, pe cînd condiția privind statorul este de aplicare generală și ușoară. Observăm, totuși, că primul criteriu este de fapt cel just, căci acesta ține seama de elementele constructive ale mașinii și care, după cele discutate, intervin în mod cert cînd ne referim la încărcările nesimetrice admisibile.

Condiția rezultată pentru rotor trebuie să fie mai severă decît pentru stator, căci pericolul de încălziri exagerate este mai mare la rotor decît la stator. Mai adăugăm, că noi am evaluat încălzirile mijlocii și nu acele maxime, care prezintă pericolul cel mai mare pentru rotor. Deasemenea nu am ținut seamă de prezența armonicelor de ordin superior și care pot produce o încălzire suplimentară.

Urmează, că valoarea admisibilă în practică pentru raportul $\frac{I_i}{I}$ trebuie să fie mai mică decît acea calculată pentru stator. Utilizînd această condiție, pentru a o face valabilă la întreaga mașină, este necesar să introducem un coeficient a, mai mic decît unitatea și care să varieze între 0,6 și 0,8, după tipul mașinii. În aceste condiții, criteriul de încărcare nesimetrică devine :

$$\frac{I_i}{I} \leqslant \frac{a}{\sqrt{1+\frac{1}{\varepsilon^2}}}.$$

Valoarea mai apropiată a coeficientului a, se va stabili din încercări făcute pe mașinile existente și este evident că rezultatele găsite vor duce la concluzii mai exacte pentru tipurile de mașini apropiate.

8. *Exemple numerice.* a) Un alternator trifazat de 1 875 kVA, 1 500 kW, 3 600 rot/m, 60 *Hz*, 2 400 V, are curentul normal $I = 451$ A. Încărcările pe cele 3 faze sînt respectiv $I_1 = 500$ A, $I_2 = 300$ A și $I_3 = 500$ A. Se pune întrebarea dacă poate funcționa în aceste condiții fără pericol de avariere.

Componentele directă și inversă ale curentului vor avea următoarele valori :

$$I_d = 426 \text{ A} \quad \text{și} \quad I_i = 122 \text{ A},$$

încît gradul de disimetrie este $\varepsilon = \frac{122}{426} = 0{,}287$.

Avem apoi raportul :

$$\frac{I_i}{I} = \frac{122}{451} = 0{,}272$$

și calculăm :

$$\frac{a}{\sqrt{1+\frac{1}{\varepsilon^2}}} = \frac{0{,}75}{\sqrt{1+\frac{1}{0{,}287^2}}} = 0{,}207$$

Deci

$$\frac{I_i}{I} > \frac{a}{b}$$

și vom trage concluzia că sarcina nesimetrică indicată la început este inadmisibilă, dacă vrem ca mașina să nu fie pusă în pericol.

Vom utiliza acum diagrama din fig. 4 :

$$\frac{I_{min}}{I} = \frac{300}{451} = 0{,}665 \text{ și } \frac{I_{max}}{I} = \frac{500}{451} = 1{,}11;$$

aceste două coordonate indică un punct, care se găsește în regiunea de funcționare neadmisă a alternatorului [4].

Considerăm acum cazul cînd curenții în cele 3 faze ar fi $I_1 = 340$ A, $I_2 = 300$ A și $I_3 = 340$ A. Prin calcule găsim :

$$I_d = 325 \text{ A}, \quad I_i = 26{,}7 \text{ A și } \varepsilon = 0{,}082$$

$$\frac{I_i}{I} = \frac{26{,}7}{451} = 0{,}059 \text{ și } \frac{a}{b} = \frac{0{,}75}{\sqrt{1+\frac{1}{0{,}082^2}}} = 0{,}0615.$$

Încărcarea este deci admisibilă întrucît $\frac{I_i}{I} < \frac{a}{b}$

Utilizînd curbele din fig. 4 găsim deasemenea că funcționarea este posibilă căci punctul reprezentativ se găsește în regiunea admisă. Coordonatele acestui punct sînt :

$$\frac{I_{min}}{I} = \frac{300}{451} = 0{,}66 \text{ și } \frac{I_{max}}{I} = \frac{340}{451} = 0{,}755.$$

b) Un hidrogenerator de 18 000 kVA, 14 400 kW, 10,5 kV, 992 A, 100 rot/m, este încărcat nesimetric cu un grad de disimetrie, $\varepsilon = \frac{I_i}{I_d} = 0{,}35$, curentul din faza cea mai încărcată fiind egal cu curentul nominal al statorului. Curentul direct în stator este 75% din acel nominal.

Avem deci $I_1 = 992$ A. Cu ajutorul componentelor simetrice găsim : $\frac{I_1}{I_2} = \frac{I_1}{I_3} = 1{,}53$ și deci

$$I_2 = I_3 = \frac{992}{1{,}53} = 648 \text{ A}.$$

Calculăm mai departe componenta directă, care va fi $I_d = 0{,}75 \cdot 992 = 745$ A; prin componente simetrice calculăm $I_d = 740$ A și $I_i = 256$ A, încît se verifică $\varepsilon = \frac{256}{740} = 0{,}346$, deci foarte aproape de valoarea dată 0,35.

Deducem :

$$\frac{I_i}{I} = \frac{256}{992} = 0{,}258 \text{ și } \frac{a}{\sqrt{1+\frac{1}{\varepsilon^2}}} = \frac{0{,}8}{\sqrt{1+\frac{1}{0{,}35^2}}} = 0{,}265$$

și deci

$$\frac{I_i}{I} < \frac{a}{b};$$

prin urmare alternatorul va putea funcționa în condițiile enunțate [1, pag. 181]. Se poate totuși, ca la această încărcare nesimetrică să se producă vibrații care să împiedice funcționarea.

9. *Sîromiatnicov* [1, 2] a propus o schemă pentru compensarea nesimetriei generatoarelor de curent alternativ. Se obține compensarea componentei inverse a curentului prin introducerea unei impedanțe suplimentare între generator și transformator. În felul acesta se poate corecta nesimetria produsă de un grup transformator necomplet, funcționînd cu două faze în loc de trei, sau dacă se face un transport de energie electrică în care se utilizează pămîntul ca al treilea conductor. Amîndouă aceste cazuri sînt echivalente cu nesimetria produsă prin întreruperea unei faze pe înalta tensiune, cînd impedanța uneia din faze este mai mică decît impedanța celorlalte două faze, egale între ele.

Presupunem (fig. 7) că s-a întrerupt faza *1*

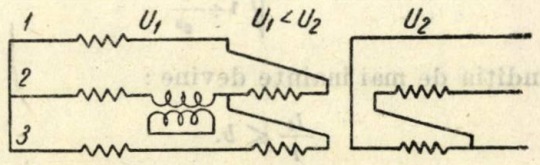


Fig. 7. Metodă de compensare a componentei inverse.

la înaltă tensiune ; impedanța compensatoare se va introduce pe faza *2* de partea generatorului.

Se calculează că pentru a obține compensarea totală a componentei inverse a curentului, impedanța compensatoare Z_c trebuie să fie de 3 ori mai mare decît impedanța homopolară, adică $Z_c = 3 Z_h$.

Dacă generatorul funcționează printr-un grup transformator necomplet, pe o linie de putere infinită, în care caz impedanța homopolară este egală cu impedanța transformatorului ridicător, puterea impedanței compensatoare se găsește că este mai mică decît puterea pe fază a transformatorului. Ea se calculează în funcție de puterea acestuia și de impedanța de scurt circuit pe fază.

Impedanța compensatoare se instalează în uzină și poate fi utilizată în locul fazei de rezervă. În cazul că una din faze se întrerupe, generatorul va funcționa cu încărcare simetrică, dar cu o putere mai mică cu aproape 30%.

Dacă linia este de putere finită se va determina prin calcul sau prin încercare valoarea impedanței homopolare și apoi se va calcula puterea impedanței compensatoare, care va fi mai mare decît dacă linia ar fi de putere infinită.

Metoda aceasta de compensare a fost aplicată pe diferite sisteme energetice din U.R.S.S., între altele și în sistemul Azenergo. La un moment dat, din cauza unor avarii au fost scoase din funcțiune aproape simultan două faze (din patru) a unui grup de transformare de $3 \times 10\,000$ kVA; $6{,}3(21{,}9)\frac{119}{\sqrt{3}}$ kV, cu montajul D/D/λ. Impedanța de scurt circuit între înfășurările de tensiune joasă și medie era 10%. Transformatorul funcționa pe o rețea de 20 kV a cărui putere era mai mare decît a generatorului.

Impedanța de compensare va fi de 3 ori impedanța unei faze a generatorului avariat :

$$Z_c = 3 Z_i = \frac{3 \cdot 0{,}1 \cdot 6{,}3^2}{30} = 0{,}4 \text{ ohm}.$$

Curentul pe fază

$$I = \frac{30\,000}{3 \cdot 6{,}3} = 1\,590 \text{ A}.$$

Căderea de tensiune în impedanță

$$1\,590 \cdot 0{,}4 = 636 \text{ V},$$

iar puterea la care aceasta se calculează va fi :

$$P_e = 636.1\,590 \cdot 10^{-3} \cong 1\,000 \text{ kVA},$$

ceiace înseamnă 1/10 din puterea unei faze a transformatorului.

Impedanța compensatoare se pune în faza *2*, fiindcă aici impedanța este mai mică decît în celelalte două.

S-au făcut încercări experimentale cu și fără impedanța compensatoare, stabilindu-se un scurt circuit, pe înfășurarea de 21,9 kV. Fără impedanța de compensare curentul din faza *2* era de 1,46 ori mai mare decît în celelalte două faze ; cu această impedanță aparatele n-au mai arătat nicio disimetrie.

Ing. *L. E. Ebin* [1, 2] a propus funcționarea în paralel a transformatorului necomplet cu unul sau mai multe grupuri complete, obținînd astfel o reducere importantă a nesimetriei curenților la generator.

Prezența sistemului de compensare nu permite să concepem și o valoare negativă pentru componenta inversă a curentului I_i.

10. In concluzie :

a) Răspunsul la întrebarea care se pune, cît se poate încărca nesimetric un alternator, este greu de dat, ca rezultat al unui studiu analitic.

Actualmente, fabricile constructoare trasează curbe pentru tipurile de mașini construite și pot da informații asupra mașinilor de aceiași fabricație cu privire la posibilitățile de încărcări nesimetrice.

Pe o mașină construită se pot face încercări și deduce curbe, care să permită determinarea încărcărilor nesimetrice maxime admisibile.

b) Prin relațiile pe care le-am stabilit pentru rotor și stator și care sînt arătate în acest articol (punctele 5, 6 și 7), se pot obține unele indicații asupra sarcinilor nesimetrice admisibile la un generator de curent alternativ. Factorul a ține seama de natura constructivă a mașinii și deci variază în limite, care încă mai trebue precizate. În orice caz, mașinile sincrone trifazate prevăzute cu amortizori, admit încărcări nesimetrice mai mari.

c) Determinarea posibilității de încărcare nesimetrică a generatoarelor este foarte importantă în stabilirea gradului de disimetrie admisibil la liniile de transport de energie electrică și în funcționarea acestora cu o fază deconectată.

d) Nu este admisibil a se încărca nesimetric generatoarele fără a se fi studiat în prealabil această problemă, făcîndu-se și unele încercări experimentale. Încărcările nesimetrice, chiar de foarte scurtă durată (de ordinul minutelor) pot provoca grave avarii, în special la rotor, care duc la scoaterea din funcțiune a generatorului.

e) Există posibilitatea de înlăturare a nesimetriilor utilizîndu-se bobine speciale de compensare, după cum s-a arătat. În acest fel se permite funcționarea în unele situații, cu o sarcină mai redusă, însă se elimină pericolul de avariere a generatoarelor.

f) La construcția rotorilor pentru mașini sincrone trebue luate unele precauții constructive ; astfel se va căuta ca penele să fie cît mai bine păsuite în locașul lor, ca să nu se introducă rezistențe de contact ; de asemenea penele vor trebui să aibă contacte bune cu piesele de extremitate și de fixare a capetelor de bobini în acelaș scop de a se evita încălzirile locale.

Fixarea cît mai rigidă a barelor amortizoare este absolut necesară. Ca să se reducă scăpările acestora, ele se vor așeza cît mai aproape de întrefer, deschiderea găurii în care este pusă bara fiind cît mai îngustă (un istm).

g) Este necesar a se face studii experimentale de laborator și pe mașini mari pentru punerea la punct a acestei importante probleme.

Bibliografie

[1] *Stromiatnicov A. I.* : Regimul de funcționare a generatoarelor sincrone, Gosenergoizdat, 1952 (cap. 7).

[2] *Stromiatnicov A. I.* : Probleme de exploatare a generatoarelor sincrone, Gosenergoizdat, 1948, p. 107—144.

[3] * * * : Materiale privind comanda pe fază, reanclanșarea automată (RAPF) și repararea liniilor de transport electric de înaltă tensiune. Publicația Ministerului Energiei Electrice. Traducere din limba rusă, OPED 1951, p. 8—14.

[4] * * * : Ce încărcare nesimetrică admite un generator? Pwr. Gen., Sept. 1949, p. 79—80.

[5] *Piotrovschi M. L.* : Mașini electrice, Ed. Energetică de Stat, 1953, p. 465.

[6] *Antoniu S. I.* și *Albert H.* : Culegere de probleme de electrotehnică. Ed. Energetică de Stat. 1953 (problema **10.19**).

★

ТРЕХФАЗНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ С НЕСИММЕТРИЧНОЙ НАГРУЗКОЙ

Резюме

В настоящей статье изложенны вопросы влияния несимметричных нагрузок на трехфазные генераторы. Рассматр вается влияние тока обратной последовательности, циркулирующего в статоре, на статор и ротор ; анализируются все дополнительные потери, имеющие место в машине, благодаря несимметричной нагрузке ; обобщаются современные достижения в связи с условиями, определяющими степень допустимой величины нагрузки генераторов при несимметричных режимах, для машин определенного типа или для группы машин ; дан критерий, выведенный при помощи аналитических исчислений и скорректированный эмпирическим коэффициентом учитывающим ряд элементов, уточнение которых путем расчета представляет затруднения ; описанны аварии, которым подверженны трехфазные генераторы с несимметричными нагрузками продолжающие работать при таком режиме ; указывается способ компенсации токов обратной последовательности методом описанным Сыромятниковым И. А.

В заключение дается ряд рекомендаций вытекающих из изложенного.

ROLUL OSCILOPERTURBOGRAFULUI ÎN ANALIZA AVARIILOR DIN SISTEMELE ENERGETICE

Conf. ing. CĂLIN MIHĂILEANU

Se expune analiza avariilor din sistemele energetice, pe baza utilizării oscilloperturbografelor în diferite puncte ale sistemului.

Se arată principiul de funcționare, descrierea constructivă și schemele, atît interioară cît și de montaj a'e unui oscilloperturbograf.

Articolul se încadrează în seria de articole inițiate în cadrul revistei noastre, pentru o acțiune susținută în scopul evitării avariilor în instalațiile energetice.

O dată cu dezvoltarea sistemelor energetice și a interconectării acestora, avarii ce altădată ar fi avut o importanță locală, se fac simțite prin efectele lor (căderi de tensiune, suprasarcini pe generatori, etc.) în regiuni foarte întinse. De asemenea, așa numitele „avarii de sistem", adică avariile însoțite de întreruperea alimentării cu energie electrică a unei părți importante sau uneori chiar a totalității consumatorilor sistemului, au cîteodată la bază cauze multiple, care pot proveni din diferite puncte ale sistemului. La aceste avarii se produc concomitent în mai multe centrale și stații ale sistemului evenimente care constituie tot atîtea elemente în desfășurarea avariei.

Lupta împotriva avariilor trebuie dusă atît împotriva cauzelor inițiale de producere a avariilor, cît și împotriva acelora ce contribuie la dezvoltarea în timp și urmări a avariilor.

Activitatea contra avariilor nu poate fi concepută fără o analiză atentă, serioasă și completă a tuturor avariilor și în special a celor „de sistem".

O astfel de analiză implică cunoașterea detaliată a modului de comportare al personalului și al aparatajului. Printre altele citãm:

a) manevre de declanșare și anclanșare ale întrerupătorilor;

b) manevre de încărcare și descărcare cu putere activă și reactivă a grupurilor;

c) declanșări ale întrerupătorilor automați provocate de protecția prin relee;

d) funcționarea regulatorilor automați de tensiune (RAT);

e) funcționarea instalațiilor de forțarea excitației (FE);

f) funcționarea instalațiilor de reanclanșare automată rapidă (RAR);

g) funcționarea instalațiilor de anclanșare automată a rezervei (AAR).

Munca de analiză a avariilor nu este ușoară. Ea constă în reconstituirea faptelor după ce acestea s-au întîmplat și în explicarea corectă a acestora. În ajutorul aceluia ce are această misiune stau în primul rînd rapoartele personalului de exploatare. Aceste rapoarte pot avea însă un caracter subiectiv și din ele pot lipsi elemente care să fi scăpat din atenția personalului în timpul desfășurării avariei. Alteori, după ce avaria a trecut, personalul de exploatare completează din memorie datele respective, care în acest caz au multe șanse de a fi eronate. Un caz tipic în această privință îl constituie notarea datelor înregistrate la funcționarea protecției prin relee.

Un alt element la îndemîna celui ce analizează avaria îl constituie diagramele aparatelor înregistratoare. Dacă asemenea aparate există în punctele importante ale sistemului, dacă sînt bine întreținute (dispozitiv de înaintare, peniță, cerneală, etc.) ele pot furniza indicații prețioase și obiective pentru analiza avariei. Aparatul înregistrator nu poate însă distinge variațiile rapide, din cauza vitezei reduse (circa 0,5—1 mm/min) de înaintare a hîrtiei în aparatele înregistratoare.

În fine un alt element, mai puțin cunoscut și utilizat, pentru analiza avariilor îl constituie oscilloperturbograful. Acesta este un oscilograf care înscrie pe hîrtie variația în timp a unui număr oarecare de mărimi electrice în timpul unei avarii. Oscilograful se construiește deobicei cu 8 echipaje putînd deci urmări 8 mărimi electrice și anume trei tensiuni, trei curenți și două mărimi de curent continuu de exemplu curentul în bobina de declanșare a unui întrerupător automat (prin înregistrarea acestui curent se poate controla funcționarea întrerupătorului automat).

Oscilloperturbograful este reprezentat schematic în fig. 1. Acesta se compune dintr-un cilindru de înregistrare *A*, pe a cărui suprafață exterioară este repartizat un strat subțire de cerneală. Cilindrul *A* este antrenat de un motor

de curent continuu *M* prin intermediul unui şurub-melc *C* şi al unui angrenaj de roţi dinţate *D*. Viteza periferică a cilindrului *A* este de 100 mm/s deci de aproximativ 6 000 ori mai mare ca a unui aparat înregistrator obişnuit.

Deasupra cilindrului *A* sînt montate echipajele electromagnetice *E*, din care în fig. 1

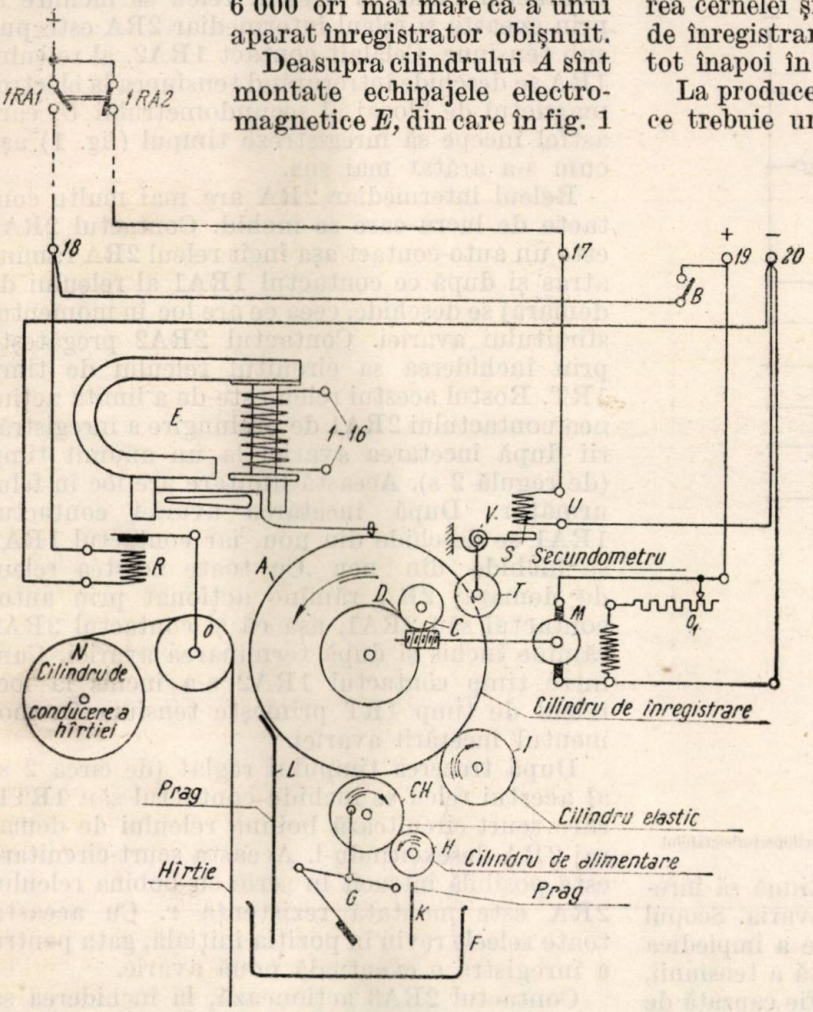


Fig. 1

Oscilloperturbograf reprezentat schematic

se vede unul singur. Capătul lamei vibrante a fiecărui element este prevăzut cu un vîrf de metal fin care lasă urme în stratul fin de cerneală depus pe suprafaţa cilindrului.

In partea inferioară a aparatului este aşezat rezervorul de cerneală *F*, umplut cu o cerneală cu uscare rapidă.

In rezervor se mişcă braţul dublu *G* care este antrenat tot de motorul *M*. Braţul dublu are pe de-o parte ca scop agitarea cernelei din rezervor în scopul omogeneizării acesteia, iar pe de alta de a ridica cerneala pe şanţurile spirale prevăzute pe cilindrul metalic de alimentare *H*. De pe acest cilindru cerneala este trecută pe cilindrul elastic *CH* şi în fine de pe aceasta pe cilindrul de înregistrare *A*. Stratul de cerneală de pe cilindrul *A* este netezit de un alt cilindru elastic *I*, aşa încît înaintea locului de înregistrare să apară un strat subţire dar omogen de cerneală.

Cerneala în surplus de pe cilindrul de alimentare este condusă îndărăt în rezervorul *F* de către pragul *K*. Alte două praguri *L* sînt prevăzute în faţa cilindrului de înregistrare *A*, şi anume în cele două părţi laterale ale acestuia. Aceste praguri *L* au de scop să împiedice scurgerea cernelei şi murdărirea aparatului şi a hîrtiei de înregistrare. Şi pragurile *L* conduc cerneala tot înapoi în rezervorul *F*.

La producerea unei avarii, evoluţia mărimilor ce trebuie urmărite este înregistrată pe hîrtia desfăşurată de pe cilindrul *N* şi condusă pe cilindrul *O*. Cilindrul de conducere *O* este acţionat de electromagnetul *R*, care la producerea unei avarii presează hîrtia pe cilindrul de înregistrare *A*. In funcţionare normală, variaţia mărimilor este înregistrată de elementele de măsură *E* pe cilindrul de înregistrare *A*, dar nu şi pe hîrtia de înregistrare, cît timp cilindrul de conducere *O* stă în poziţia sa normală, depărtat de cilindrul *A*.

Drumul măsurat pe periferia cilindrului de înregistrare între locul de imprimare de către elementele *E* şi locul de contact cu cilindrul de conducere *O*, corespunde unui timp de circa 0,75 s. Prin aceasta se imprimă pe hîrtia de înregistrare şi evoluţia mărimilor electrice de urmărit într-o perioadă de timp de circa 0,75 secunde înaintea producerii avariei. Aşa dar în acest mod este asigurată şi înregistrarea momentului iniţial al avariei, considerînd că timpul de lucru al releului de demaraj (releu de tensiune minimă) care sesizează producerea avariei şi timpul propriu al electromagnetului *R* este mai scurt decît treapta de timp de 0,75 s între imprimarea şi înregistrarea mărimilor de urmărit.

Electromagnetul *R* este acţionat de un releu de demaraj 1RA (fig. 2) şi anume de contactul normal deschis 1RA1 al acestuia. Celălalt contact 1RA2 care este normal închis pune în funcţiune secundometrul *S*. Acesta indică durata totală a avariei în secunde. In regimul normal de lucru, secundometrul este ţinut de electromagnetul *U* (vezi fig. 1 şi 2) în poziţia normală. La producerea avariei contactul 1RA2 al releului de demaraj 1RA se deschide şi întrerupe curentul în electromagnetul *U*. Ca urmare la aceasta roata dinţată *T* este adusă de arcul spiral *V* în contact cu angrenajul *D* al motorului *M* şi în acest fel este înregistrat timpul cît durează avaria.

Intrerupătorul *B* serveşte la controlul oscilloperturbografului. La închiderea acestui întrerupător se scurt-circuitează contactul 1RA1 al releului de demaraj 1RA şi electromagnetul *R*

presează hîrtia pe cilindrul de înregistrare *A*.

Osciloperturbograful îşi întrerupe înregistrarea pe hîrtie în cazul avariilor de lungă durată

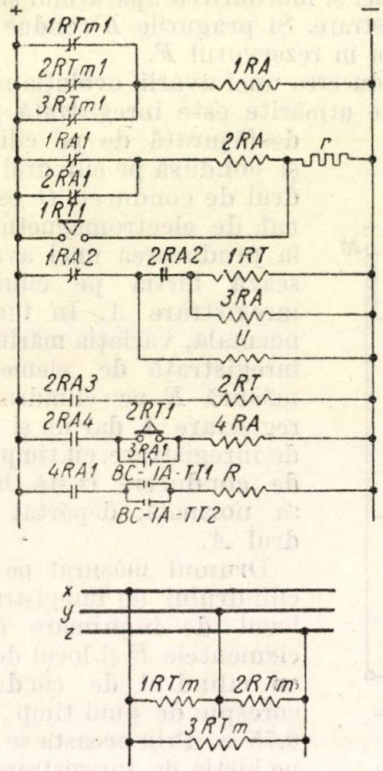


Fig. 2

Schema desfăşurată de automatizare a înregistrării osciloperturbografului

la cari însă secundometrul *S* continuă să înregistreze timpul total cît durează avaria. Scopul urmărit de această măsură este de a împiedica o risipă de hîrtie la lipsă prelungită a tensiunii, care de altfel se poate chiar să nu fie cauzată de o avarie ci de o ardere a siguranţelor în circuitele de tensiune, de manevre la care se scoate de sub tensiune bara care este controlată de osciloperturbograf, etc. Sfîrşitul avariei este însă înregistrat pe hîrtie şi în aceste cazuri, înregistrarea mărimilor electrice de urmărit operîndu-se pe un scurt interval după dispariţia avariei, indiferent dacă a avut loc o avarie de lungă sau de scurtă durată. Durata intervalului sus amintit este reglabilă, după cum tot reglabilă este şi durata de înregistrare neîntreruptă în cazul avariilor de lungă durată. De obicei se aleg valori de 2 secunde, respectiv 10 secunde pentru intervalele expuse mai sus.

In fig. 2 se arată schema desfăşurată de automatizare a înregistrării osciloperturbografului. Cele trei relee de tensiune minimă 1RTm, 2RTm şi 3RTm supraveghează tensiunea la barele sistemului energetic. Cînd tensiunile între faze, la care sînt racordate releele, au valoarea normală, contactele releelor sînt deschise (contrar ca în fig. 2 unde ele sînt figurate în poziţia corespunzătoare lipsei tensiunei în bobinele lor).

Cînd cel puţin una din tensiunile între faze scade sub valoarea de reglaj a releului (circa 80% din valoarea tensiunii nominale) se închide cel puţin unul din contactele 1RTm1, 2RTm1, 3RTm1 montate în paralel, şi prin aceasta releul de demaraj 1RA este pus sub tensiune. Contactul 1RA1 al acestui releu se închide şi prin aceasta şi releul intermediar 2RA este pus sub tensiune. Celălalt contact 1RA2, al releului 1RA se deschide întrerupînd tensiunea la electromagnetul de blocaj al secundometrului *U*, care astfel începe să înregistreze timpul (fig. 1) aşa cum s-a arătat mai sus.

Releul intermediar 2RA are mai multe contacte de lucru care se închid. Contactul 2RA1 este un auto-contact aşa încît releul 2RA rămîne atras şi după ce contactul 1RA1 al releului de demaraj se deschide, ceea ce are loc în momentul sfîrşitului avariei. Contactul 2RA2 pregăteşte prin închiderea sa circuitul releului de timp 1RT. Rostul acestui releu este de a limita acţiunea contactului 2RA1 de prelungire a înregistrării după încetarea avariei la un anumit timp (de regulă 2 s). Această limitare are loc în felul următor. După încetarea avariei contactul 1RA1 se deschide din nou, iar contactul 1RA2 se închide din nou .Cu toate acestea releul de demaraj 2RA rămîne acţionat prin autocontactul său 2RA1, aşa că şi contactul 2RA2 rămîne închis şi după terminarea avariei. Cum între timp contactul 1RA2 s-a închis la loc, releul de timp 1RT primeşte tensiune în momentul încetării avariei.

După trecerea timpului reglat (de circa 2 s) al acestui releu se închide contactul său 1RT1, care scurt-circuitează bobina releului de demaraj 2RA desexcitîndu-l. Aceasta scurt-circuitare este posibilă întrucît în serie cu bobina releului 2RA este montată rezistenţa r. Cu aceasta toate releele revin în poziţia iniţială, gata pentru a înregistra o eventuală nouă avarie.

Contactul 2RA3 acţionează, la închiderea sa releul de timp 2RT. Acest releu, reglat de obicei la un timp de 10 s, are de scop să întrerupă prin intermediul contactului său normal închis cu temporizare la deschidere 2RT1 înregistrarea pe hîrtie în cazul avariilor de lungă durată.

Contactul 2RA4 acţionează la închiderea sa releul intermediar 4RA care comandă electromagnetul *R* ce presează hîrtia pe cilindrul de înregistrare *A* (fig. 1).

Releul intermediar 4RA primeşte însă tensiune numai atît timp cît contactul 2RT1 este închis adică în intervalul de 10 s (reglajul de timp al releului 2RT) scurs de la apariţia avariei. Pentru avariile ce durează mai puţin de 10 s (avarii de scurtă durată) întreg procesul de desfăşurare a avariei rămîne înregistrat pe hîrtie.

Pentru avariile care durează un timp mai îndelungat decît timpul reglat la releul de timp 2RT, (avarii de lungă durată) după trecerea acestui timp contactul 2RT1 se deschide, releul 4RA rămîne fără tensiune, deci şi electromagnetul *R* şi înregistrarea avariei se întrerupe.

Să presupunem că după trecerea unui anumit timp de la întreruperea înregistrării avaria de

lungă durată încetează. Contactul 1RA2 se închide imediat, dar contactele releului 2RA nu se deschid (acțiunea de întîrziere a autocontactului 2RA1 descrisă mai sus). Ca urmare la aceasta releul intermediar 3RA primește tensiune și contactul său 3RA1, scurt-circuitînd contactul 2RT1, restabilește circuitul releului 4RA și prin aceasta înregistrarea pe hîrtie reîncepe. Pentru același considerent pentru care două sisteme de bare în funcție de schema de funcționare. Este suficientă o scădere a tensiunei între cel puțin două faze pentru ca releele de tensiune minimă 1RTm, 2RTm, 3RTm (care nu apar în fig. 3) să facă să se înregistreze mărimile electrice ce trebuie urmărite.

Dacă ambii întrerupători IA-TT1 și IA-TT2 sînt deschiși se întrerupe și alimentarea electromagnetului de înregistrare *R* (prin bloc-contac-

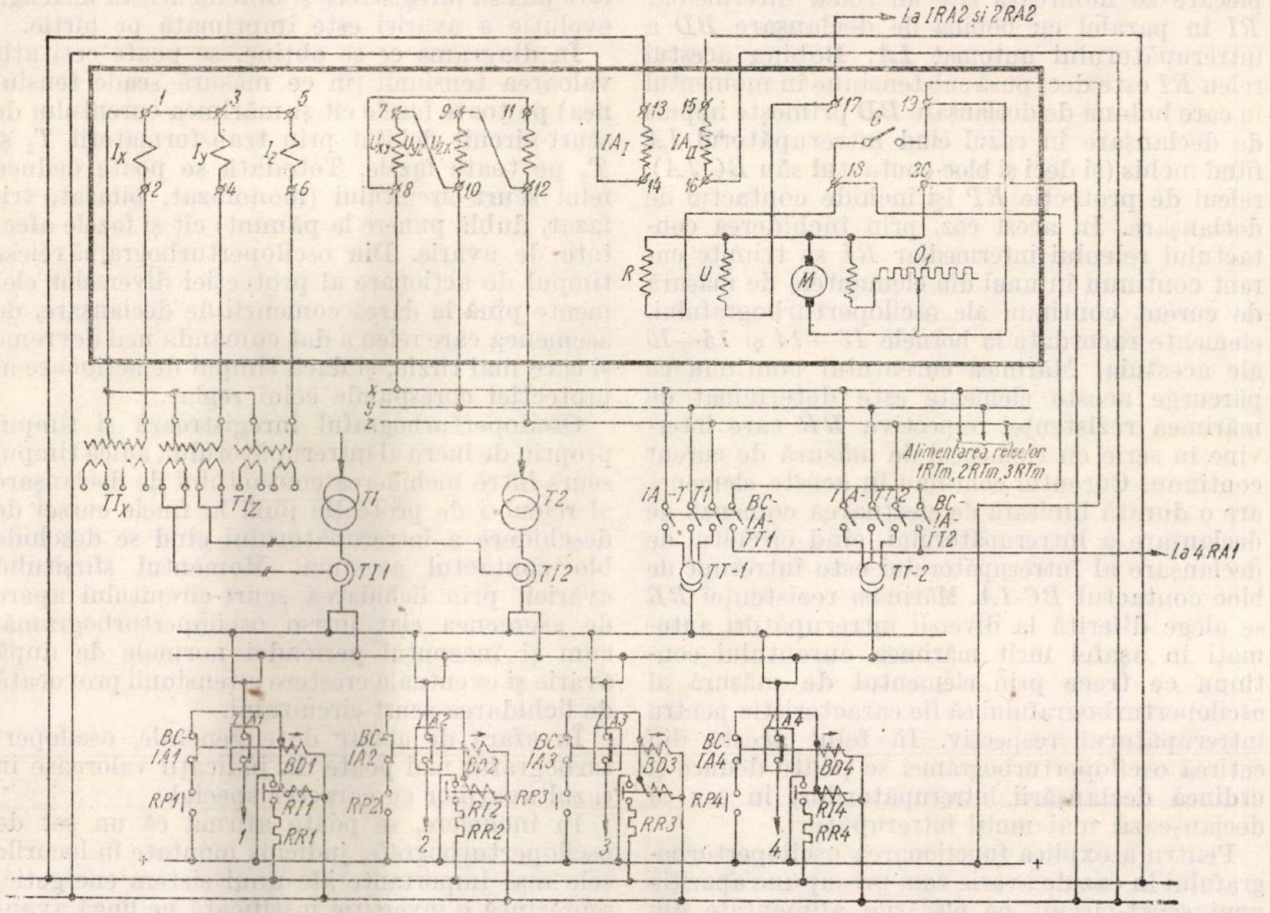


Fig. 3 Schema de ansamblu pentru montarea osciloperturbografului într'o stație de transformare și conexiuni

și momentul inițial al avariei este înregistrat (putem numi această acțiune a osciloperturbografului „înregistrare din memorie"), este înregistrat și momentul de încetare al avariei și în afară de aceasta și procesul ce se desfășoară în următoarele 2 secunde de revenire la regimul normal. In felul acesta diferența la înregistrarea unei avarii de lungă durată este că se întrerupe înregistrarea intervalului de mai puțin interes din mijlocul avariei.

Schema de ansamblu pentru montarea osciloperturbografului într-o stație de transformare și conexiuni este arătată în fig. 3.

Se presupune că în stație există doi transformatori coborîtori T_1 și T_2 care alimentează un sistem dublu de bare la care sînt racordate 4 plecări (*1*), (*2*), (*3*) și (*4*) și 2 celule de măsură cu transformatorii de tensiune TT-1 și TT-2. Osciloperturbograf este racordat prin întrerupătorii IA-TT_1 sau IA-TT_2 la unul din cele tele BC-IA-TT1 și BC-IA-TT2 (vezi și fig. 2) și acesta nu poate să comande înregistrarea. In felul acesta este împiedecată o funcționare falsă a osciloperturbografului.

Releele de tensiune minimă se reglează la o valoare de lucru de circa 0,8 U_n.

In cazul cînd se produce o avarie, curenții de scurt-circuit debitați de transformatorii T_1 și T_2 la locul avariei sînt măsurați de transformatorii de intensitate TI_1 și TI_2; însumați pe fază în transformatorii intermediari de însumare TI_x, TI_y și TI_z și apoi trimiși în elementele de măsură de curent racordate la bornele *1—2*; *3—4* și *5—6* ale osciloperturbografului. Infășurările secundare ale transformatorilor intermediari de însumare TI_x, TI_y și TI_z sînt prevăzute cu prize pentru a putea regla în anumite limite raportul de transformare al acestor transformatori. In felul acesta se poate alege curentul secundar total în funcție de curentul primar de

scurt-circuit. Tensiunile alternative sînt trimise la elementele de măsură de tensiune, legate în triunghi şi racordate la bornele *7—8, 9—10* şi *11—12* ale oscilloperturbografului.

Elementele racordate la bornele *13—14* şi *15—16* măsoară curentul continuu ce trece prin bobinele de declanşare ale întrerupătorilor automaţi.

După cum se poate vedea în fig. 3, pe fiecare plecare se montează cîte un releu intermediar *RI* în paralel cu bobina de declanşare *BD* a întrerupătorului automat *IA*. Bobina acestui releu *RI* este deci pusă sub tensiune în momentul în care bobina de declanşare *BD* primeşte impuls de declanşare în cazul cînd întrerupătorul *IA* fiind închis (şi deci şi bloc-contactul său *BC-IA*), releul de protecţie *RP* îşi închide contactul de declanşare. In acest caz, prin închiderea contactului releului intermediar *RI* se trimite curent continuu în unul din elementele de măsură de curent continuu ale oscilloperturbografului, elemente racordate la bornele *13—14* şi *15—16* ale acestuia. Mărimea curentului continuu ce parcurge aceste elemente este determinat de mărimea rezistenţei respective *RR* care intervine în serie cu elementul de măsură de curent continuu. Curentul continuu în aceste elemente are o durată limitată de efectuarea comenzii de declanşare a întrerupătorului, cînd circuitul de declanşare al întrerupătorului este întrerupt de bloc contactul *BC-IA*. Mărimea rezistenţei *RR* se alege diferită la diverşii întrerupători automaţi în aşafel încît mărimea curentului continuu ce trece prin elementul de măsură al oscilloperturbografului să fie caracteristic pentru întrerupătorul respectiv. In felul acesta din cetirea oscilloperturbogramei se poate deduce şi ordinea declanşării întrerupătorilor, în caz că declanşează mai mulţi întrerupători.

Pentru a explica funcţionarea oscilloperturbografului în caz de avarie vom presupune apariţia unui scurt-circuit pe plecările alimentate din staţie. Acest scurt-circuit va fi alimentat de către sistemul energetic prin transformatorii de putere T_1 şi T_2. Ca urmare la aceasta, demarează protecţia prin relee a plecărilor afectate de defect şi declanşează întrerupătorii respectivi (vom presupune spre ex. că declanşează doi întrerupători şi anume ai plecărilor (*1*) şi (*2*). Prin aceasta curentul de scurt-circuit debitat prin transformatorii T_1 şi T_2 este întrerupt.

În momentul apariţiei scurt-circuitului şi în tot timpul cît durează acesta, are loc o scădere mai mult sau mai puţin importantă a tensiunii la barele staţiei considerate. Ca urmare la această scădere a tensiunii, oscilloperturbograful este pus să înregistreze şi în felul acesta întreaga evoluţie a avariei este imprimată pe hîrtie.

În diagrama ce se obţine, se poate ceti atît valoarea tensiunii (în ce măsură scade tensiunea) pe toate fazele cît şi mărimea curentului de scurt-circuit debitat prin transformatorii T_1 şi T_2 pe toate fazele. Totodată se poate deduce felul scurt-circuitului (monofazat, bifazat, trifazat, dublă punere la pămînt) cît şi fazele afectate de avarie. Din oscilloperturbogramă reiese timpul de acţionare al protecţiei diverselor elemente pînă la darea comenzii de declanşare, de asemenea care releu a dat comanda mai devreme şi care mai tîrziu, şi dacă timpul de acţionare al protecţiei corespunde celui reglat.

Oscilloperturbograful înregistrează şi timpul propriu de lucru al întrerupătorului, adică timpul scurs între închiderea contactului de declanşare al releului de protecţie pînă la finele cursei de deschidere a întrerupătorului cînd se deschide bloc-contactul acestuia. Momentul sfîrşitului avariei, prin lichidarea scurt-circuitului apare de asemenea clar într-o oscilloperturbogramă, cum şi începutul perioadei normale de după avarie şi eventuala creştere a tensiunii provocată de lichidarea scurt-circuitului.

În afară de aceste date generale, oscilloperturbograful mai poate da indicaţii valoroase în cazul avariilor cu caracter special.

In încheiere, se poate afirma că un set de oscilloperturbografe, judicios montate în locurile cele mai importante ale unui sistem energetic, reprezintă o investiţie justificată pe lîngă avantajele pe care le aduc prin clarificarea cauzelor şi desfăşurării avariilor electrice din sistem, prin datele tehnice detailate pe care le oferă şi care cu alte mijloace nu pot fi, de multe ori, detectate.

★

РОЛЬ ОСЦИЛЛОПЕРТУРБОГРАФА ПРИ АНАЛИЗЕ АВАРИЙ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Резюме

Излагается анализ аварий в энергетических системах посредством использования осцилл пертурбографов в различных точках системы.

Указывается принцип работы, дается описание конструкции и схемы, как соединений так и установки осциллопертурбографа

Статья входит в число статей которые появятся на страницах нашего журнала, для поддержания кампании по предупреждению аварий в энергетических установках.

CALCULUL INSTALAŢIILOR DE PARATRĂZNET

Ing. S. DULBERG

Instalarea de paratrăznete a devenit obligatorie în urma apariţiei normelor pentru proiectarea şi executarea construcţiilor din punct de vedere al prevenirii incendiilor. In acest articol se face un rezumat al acestor prescripţii apărute în Buletinul C. S. A. C. şi se indică metodele de calcul al acestor instalaţii. La baza acestor metode de calcul au servit tratatele sovietice de specialitate şi din exemplele de calcul date reiese clar mersul calculelor. Nu s'au menţionat calculele pentru plăci de pămînt, deoarece ele sînt înlocuite pretutindeni prin ţevi de punere la pămînt.

In urma apariţiei normelor pentru proiectarea şi executarea construcţiilor din punct de vedere al prevenirii incendiilor, instalaţiile de paratrăznet devin obligatorii la o serie întreagă de construcţii. Deaceea credem că este util a face un rezumat al acestor prescripţii şi de a indica şi metoda de calcul a acestor instalaţii.

Astfel se clasifică regiunile, în raport cu numărul de zile de furtuni pe an, în trei categorii şi anume :

— regiuni cu furtuni puternice, cu 30—35 zile de furtună pe an ;

— regiuni obişnuite, cu 10—30 zile de furtuni pe an ;

— regiuni de furtuni slabe, care au pînă la 10 zile de furtună pe an.

De asemenea, construcţiile se clasifică, în ceea ce priveşte consecinţele ce le-ar putea avea descărcările atmosferice, în trei clase şi anume :

a) Clădirile care conţin materii inflamabile.

b) Construcţiile care au o valoare economică, culturală, istorică sau acelea în care au loc aglomerări de persoane, cum sunt teatrele, localuri de întruniri, şcolile, spitalele, etc.

c) Turnurile, castelele de apă, coşurile înalte silozurile, fermele şi grajdurile pentru animale mari.

Protecţia construcţiilor dela punctele b şi c nu este obligatorie în regiunile cu furtuni slabe.

O instalaţie de paratrăznet se compune din :

— dispozitive de captare,

— conductori de scurgere,

— priza de pămînt.

Dispozitivele de captare pot consta din tije verticale, reţele sau din tije verticale şi reţele. Deasemenea şi suprafeţele şi corpurile metalice, care prin poziţia lor ar putea prelua o descărcare, pot servi ca dispozitive de captare. In unele cazuri speciale, se pot utiliza plase de punere la pămînt sau dispozitive în formă de antenă. Dispozitivele de captare trebuiesc prevăzute în locurile cele mai înalte şi pe muchiile acoperişului.

Paratrăznetele verticale se utilizează de obicei la turnuri, coşuri de fum sau acolo unde aşezarea lor la mare înălţime este absolut necesară pentru a avea o mai mare siguranţă contra descărcărilor atmosferice.

Conductorii de captare se fac din oţel galvanizat lat sau rotund, cu secţiunea minimă de 100 mm² sau din cupru masiv de 50 mm².

Conductorii de scurgere se execută din aceleaşi materiale şi de aceiaşi secţiune ca şi dispozitivele de captare şi orice instalaţii de paratrăznet trebuie să aibă cel puţin doi conductori

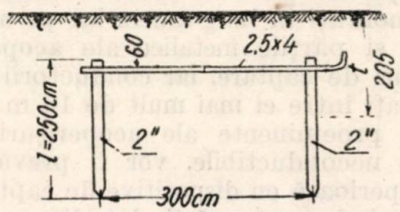


Fig. 1. Priză de pămînt cu ţevi

principali de scurgere. Construcţiile obişnuite mai late de 12 m vor avea conductori principali de scurgere la ambele părţi şi în lungime cîte un conductor de scurgere la fiecare 20 m, în afară de clădirile înguste şi înalte, care cînd nu depăşesc înălţimea de 40 m, pot avea cîte un singur conductor de scurgere.

Pot fi folosite drept coborîri şi părţile metalice ale clădirilor din beton armat sau cu schelet de fier şi burlanele de ploaie, cînd au secţiunea minimă permisă şi în care caz ele se leagă prin punţi, pentru a se asigura o bună continuitate electrică.

In ceeace priveşte priza de pămînt, ea poate fi făcută din ţevi de oţel, din benzi de oţel îngropate în pămînt sau din plăci de tablă. Prizele de pămînt din benzi de oţel vor fi îngropate la o adîncime de minimum 0,5 m şi pot fi dispuse inelar sau radial. Ţevile de oţel, vor avea lungimea de cca. 3 m cu diametrul de 2", şi vor fi implantate în pămînt prin batere sau forare, distanţate între ele la cca. 3 m astfel încît capătul superior al ţevii să fie la cel puţin 0,5 m adîncime (fig. 1). Se va evita întrebuinţarea plăcilor de tablă ca prize de pămînt, dar cînd acest lucru nu poate fi evitat, plăcile de oţel vor avea cel puţin 3 mm grosime iar cele de cupru cel puţin 1,5 mm grosime şi vor fi dispuse vertical în pămînt.

În sistemul prizei de pămînt se vor include toate punerile de pămînt naturale ale construcţiei, pentru a micşora rezistenţa legăturii la

pămînt şi a reduce pericolul descărcărilor în alte puncte decît cele protejate prin paratrăznet.

Acolo unde aceste puneri la pămînt ale construcţiei au o rezistenţă foarte mică, cum ar fi construcţiile cu schelet metalic, dacă se constată prin măsurători că această rezistenţă este sub limita admisă nu mai este necesară o priză de pămînt separată.

În terenurile cu rezistivitate mare, se va căuta să se micşoreze rezistivitatea terenului. În nici un caz nu se va pune cocs sau zgură în groapa prizei de pămînt.

Distanţa minimă a prizelor de clădirile protejate va fi de 2 m. Toate legăturile sistemului de priză se vor face prin sudură, iar locul de sudură va fi protejat printr-un strat de bitum.

Pentru o siguranţă mai mare în protejarea contra descărcărilor electrice a anumitor construcţii, dispozitivele de protecţie vor trebui să fie prevăzute atît cu o instalaţie normală de reţea cît şi cu o instalaţie exterioară verticală de paratrăznet.

Instalaţia normală va avea conductorii de captare montaţi în lung sau în lat pe acoperiş, incluzînd şi părţile metalice ale acoperişului, fără vîrfuri de captare, iar conductorii nu vor fi distanţaţi între ei mai mult de 10 m.

Părţile proeminente ale acoperişurilor din materiale neconductibile, vor fi prevăzute la partea superioară cu dispozitive de captare inelare, iar cînd aceste părţi sînt din metal, ele vor fi legate la sistemul de captare depe acoperiş.

Dacă acoperişul este din material inflamabil, conductorii instalaţiei de paratrăznet vor fi montaţi la minimum 0,60 m de acoperiş pe suporţi de susţinere din materiale necombustibile, montaţi cît se poate de rari.

In cazul construcţiilor din beton armat şi cînd în timpul executării construcţiei s-a format prin sudura fierului beton o colivie, numai sînt necesari conductori de captare sau coborîri speciale.

Dispozitivele verticale de captare ale instalaţiei exterioare vor fi montate la cel puţin 5 m distanţate de clădire, iar distanţa între două vîrfuri va fi de minimum 10 m şi maximum 30 m.

Prizele de pămînt ale ambelor sisteme vor fi inelare şi vor fi legate între ele în cel puţin două locuri. Rezistenţa de pămînt totală va fi de maximum 10 ohmi.

La priza de pămînt a instalaţiei normale de paratrăznet vor fi legate toate părţile metalice din construcţie ca şi conductele de ţevi care intră în clădire. Acele conducte care vin dela distanţe mari, izolate de pămînt, vor fi puse la pămînt la 25 m, 50 m, şi 100 m de clădire. Racordurile electrice la aceste clădiri se vor face prin cablu subteran.

Clădirile cu un anumit specific, vor fi prevăzute cu dispozitive de captare normale, şi vor avea patru coborîri principale de scurgere, cînd lăţimea lor depăşeşte 6 m şi cîte o coborîre la fiecare 10 m lungime, legate la prize de pămînt executate la fel ca pentru clădirile obişnuite.

Construcţiile în formă de turn, cu schelet metalic, se consideră suficient protejate prin punerea lor la pămînt în două puncte. Rezervoarele de metal izolate şi care conţin lichide inflamabile şi gaze, vor avea o singură priză de pămînt dacă au pînă la 5 m ⌀, două prize de pămînt dacă au pînă la 20 m ⌀ şi trei prize de pămînt dacă au peste 20 m ⌀.

Coşurile de fabrici vor avea dispozitive de captare inelare cu sau fără tije de captare, acoperămîntul metalic putînd fi folosit şi el ca dispozitiv de captare. Dispozitivele de captare vor avea cel puţin două tije de captare. Se va putea folosi în loc de conductori, părţile metalice continui ale scărilor de pe coşuri şi se vor lega metalic la dispozitivul de punere la pămînt a coşului toate părţile metalice puse la pămînt şi dispuse în jurul coşului pe o rază de 20 m.

La anumite depozite de materiale trebuie să se prevadă un spaţiu de protecţie de 1,50 m în jurul conductei de coborîre. Grosimea zidului se calculează ca fiind de trei ori mai mare decît spaţiul liber de aer din jurul conductorului şi un zid de 0,50 m înlocuieşte spaţiul liber de 1,50 m de aer; deci, în cazul cînd conductorii de scurgere se află pe peretele exterior de 0,50 m grosime al unui asemenea depozit de materiale, nu mai este nevoie de nici un spaţiu de protecţie în interiorul depozitului în dreptul conductorilor de scurgere.

La grajdurile de animale mari se prevede o instalaţie normală de paratrăznet cu o priză de pămînt inelară, iar părţile metalice ale grajdurilor vor fi legate în partea inferioară de sistemul de punere la pămînt.

Calculul prizelor de pămînt. Conform prescripţiilor, rezistenţa prizei de pămînt trebuie să fie maximum de 10 ohmi, iar la grajduri de animale mari de maximum 5 ohmi.

Valoarea rezistenţei unei prize de pămînt formate dintr-o ţeavă de oţel se calculează după formula:

$$R_t = \frac{\rho}{2\pi l}\left(\ln\frac{2l}{d} + \frac{1}{2}\ln\frac{4t+l}{4t-l}\right)$$ sau transformată în logaritmi decimali:

$$R_t = 0{,}366\,\frac{\rho}{l}\left(\log\frac{2l}{d} + \frac{1}{2}\log\frac{4t+l}{4t-l}\right) \quad (1)$$

pentru $l \geqslant d$ şi $\frac{4t}{l} \geqslant 2$

în care:

ρ este rezistivitatea solului în ohmi/cm;
l — lungimea ţevii prizei de pămînt, în cm;
t — distanţa dela centrul prizei (a ţevii) pînă la suprafaţa solului, în cm;
d — diametrul ţevii, în cm.

Rezistenţa benzilor de oţel îngropat în pămînt se calculează după formula:

$$R_b = \frac{\rho}{2\pi l}\ln\frac{2l^2}{bt}$$

sau transformată în logaritmi decimali

$$R_b = 0{,}366 \frac{\rho}{l} \log \frac{2l^2}{bt} \qquad (2)$$

Se mai recomandă și următoarea formulă de calcul :

$$R_b = 0{,}366 \frac{\rho}{l} \left(\log \frac{l^2}{bt} + 0{,}301 \right)$$

$$\text{pentru } l \geqslant \frac{b}{2} \text{ și } \frac{l}{bt} \geqslant 2{,}5$$

în care :

ρ este rezistivitatea solului în ohmi/cm ;
l — lungimea benzii de oțel îngropate în pământ în cm ;
b — lățimea benzii de oțel în cm ;
t — adîncimea de așezare în pământ a benzii în cm.

Înălțimea paratrăznetului se calculează după formula :

$$I_p = I_c \times \frac{l}{2}$$

în care :

I_p este înălțimea vîrfului paratrăznetului în metrii ;
I_c — înălțimea construcției în metrii ;
l — distanța între cele două vîrfuri ale paratrăznetelor în metrii.

Să analizăm fiecare din formulele de mai sus.

În general, se preferă prizele de pământ din țevi, deoarece ele ating straturi adînci ale solului,

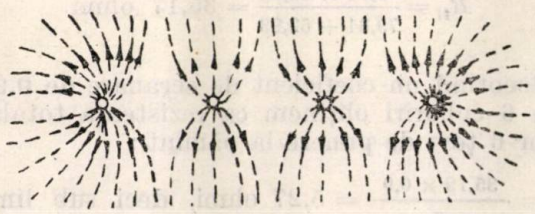


Fig. 2, Câmpul electric produs de electrozi în paralel

care nu sunt expuse înghețului sau uscării. Țevile trebuiesc bine curățate de vopsea ulei sau alte substanțe izolante, iar pentru evitarea oxidării sau a coroziunilor se preferă țevi zincate sau plumbuite. Țevile se unesc între ele prin benzi de oțel sudate, formînd astfel un tot metalic. Secțiunea benzilor de oțel nu trebuie să fie sub 100 mm² și cel puțin 4 mm grosime. De obiceiu se întrebuințează benzi de 25 × 4 mm.

Pentru a micșora rezistența de scurgere la pământ produsă prin suprapunerea cîmpurilor de scurgere ale diferiților electrozi, care produc o micșorare a secțiunilor prin care curenții dela electrozi se scurg la pământ (fig. 2) țevile trebuiesc așezate la cel puțin 2,5 m distanță una de alta. Această influență mutuală între diferiți electrozi și benzile de legătură, care face să crească rezistența de scurgere la pământ, se numește ecranare, și se exprimă printr'un coeficient de ecranare k_{ec}. Astfel, rezistența de scurgere a prizei trebuie înmulțită cu coeficientul $\frac{1}{k_{ec}}$, care ține seama de efectul de ecranare (tabela 1).

Tabela 1

Raportul distanței între țevi și lungimea unei țevi	Numărul țevilor într'un șir					
	3	4	5	8	10	20
1	0,89	0,87	0,74	0,67	0,62	0,42
2	0,91	0,89	0,86	0,79	0,75	0,56
3	0,94	0,92	0,90	0,85	0,82	0,68

Factorul cel mai important în calcul prizei de pământ îl formează rezistivitatea solului, care reprezintă rezistența de scurgere a curentului spre pământ prin priză. Este recomandabil ca această rezistivitate să fie stabilită pe cale de măsurători în diferite anotimpuri ale anului.

Tabela 2

Felul solului	Rezistența specifică medie ohmi · cm
Cernoziom	$0{,}5 \times 10^4$
Pământ arabil	$0{,}5 \times 10^4$
Argilă	$0{,}6 \times 10^4$
Pământ lutos	$0{,}8 \times 10^4$
Nisip	$4{,}0 \times 10^4$
Pământ nisipos de rîu	$3{,}0 \times 10^4$
Pământ pietros	$2{,}0 \times 10^4$
Turbă	$0{,}2 \times 10^4$
Loes	$2{,}5 \times 10^4$

Rezistivitatea solului depinde de : compoziția solului, umiditatea solului, temperatură, gradul de îndesare a particulelor de pământ, prezența sărurilor, acizilor, etc.

În cazul cînd nu se poate stabili prin măsurători directe rezistivitatea solului, se pot utiliza datele din tabela 2, care reprezintă valorile medii ale rezistivității diferitelor soluri.

În cazul cînd avem valoare prea mare a rezistivității pământului, se pot lua o serie de măsuri pentru ameliorarea conductivității pământului și anume :

a) Înlocuirea pământului prin altul cu o rezistivitate mai mică, astfel ca raza cilindrului format cu pământul adăogat în jurul țevii și pe toată lungimea țevii să fie de cel puțin 0,5 m.

b) Prin umezirea pământului în jurul prizei de pământ, ceeace mărește conductibilitatea pământului de 2—4 ori, dar această mărire a rezistivității este de scurtă durată.

c) Prin adăogarea de sare de bucătărie în pământul care înconjoară priza de pământ, pe jumătate din lungimea ei și pe o rază de cel puțin 0,5 m. Sarea se adaogă prin presărarea în straturi de 1 cm grosime alternînd cu stratul de pământ, în total cca. 30—40 kg de sare. Separat se introduce din timp în timp sare prin găurile care trebuiesc prevăzue în țevile prizei

de pământ. Influența acestei prelucrări a solului se arată în coeficienții din tabela 3.

Tabela 3

ρ_{nom} ohmi cm · 10^4	R_t' ohmi	$\alpha = \frac{R_t'}{R_t}$
0,25	20	2,3
0,5	40	2,7
1,0	60	3,2
2,0	100	4,0
3,0	150	5,0
4,0	200	6,0
5,0	250	6,5
5,0	300	7,5

în care :

ρ este rezistivitatea solului înainte de a se adăoga sarea ;

R_t' rezistivitatea țevii de 1,5—3 m lungime, înainte de adăogirea sării ;

R_t — rezistivitatea țevii după adăogirea sării ;

α — coeficientul de eficacitate prin prelucrarea solului.

Benzile de oțel care leagă țevile prizelor de pământ, constituie și ele prize de pământ complimentare. Adîncimea de așezare a acestor benzi în pământ este de 0,5—0,7 m. Ele sînt înădite prin sudură.

Rezistența prizei de pământ se compune din rezistența prizei de pământ din țevi și a prizei de pământ formată din benzi și anume :

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_t k_{ee}} + \frac{1}{R_b}, \text{ de unde : } R = \frac{R_t k_{ee} R_b}{R_t k_{ee} + R_b}$$

în care R este rezistența totală a prizei.

Exemple de calcul. 1. Să se calculeze o instalație de paratrăsnet normală la un imobil de 25 m lungime și 10 m lățime. Solul pe care se află clădirea este un pământ pietros cu o rezistivitate medie de $2{,}0 \times 10^2$ ohmi.cm.

Vom prevedea pe acoperiș o rețea din bandă de oțel galvanizat de 25×4 mm cu 6 coborîri (fig. 3). Banda de oțel va fi îngropată la 0,6 m

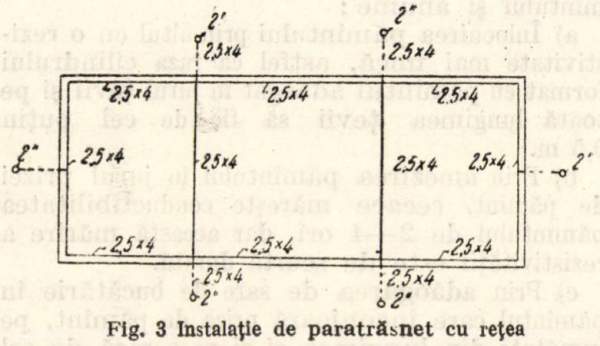


Fig. 3 Instalație de paratrăsnet cu rețea

adîncime și sudată la cîte o țeavă de oțel zincat de 2" ∅ și 2,50 m lungime, îngropată în pământ la 2 m de clădire. Distanța între capul țevii și suprafața pământului va fi de 0,6 m. Rezistența de scurgere a unei singure țevi de oțel va fi :

$$R_t = 0{,}366 \frac{2 \cdot 10^4}{250} \left(\log \frac{2 \times 250}{5{,}04} + \frac{1}{2} \log \frac{4 \times 185 + 250}{4 \times 185 - 250} \right)$$

$$R_t = 62{,}93 \text{ ohmi.}$$

Rezistența de scurgere a benzii de oțel îngropat în pământ pînă la țeavă, va fi :

$$R_b = 0{,}366 \frac{2 \cdot 10^4}{200} \log \left(\frac{200^2}{2{,}5 \times 60} + 0{,}301 \right) = 79{,}84 \text{ ohmi.}$$

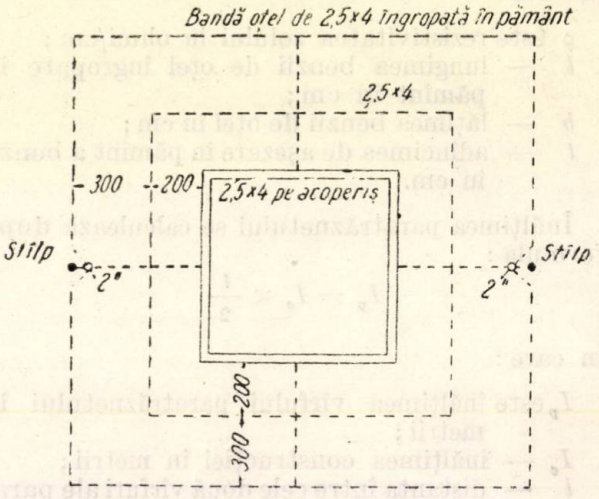


Fig. 4 Instalație de paratrăsnet cu rețea și paratrăsnete verticale, Vedere din față

Rezistența totală a unei țevi inclusiv banda de oțel va fi :

$$R_{t1} = \frac{79{,}84 \times 62{,}93}{79{,}84 + 62{,}93} = 35{,}17 \text{ ohmi.}$$

Socotind un coeficient de ecranare de 0,9 la cele 6 coborîri obținem ca rezistența totală a celor 6 țevi de punere la pământ :

$$R = \frac{35{,}19 \times 0{,}9}{6} = 5{,}27 \text{ ohmi, deci sub limita de 10 ohmi.}$$

2. Să se calculeze instalația de paratrăznet la un depozit de materiale avînd dimensiunile de 6,50 m × 6,50 m și 4 m înălțime. Grosimea zidurilor este de 30 cm. Rezistivitatea medie a solului este de $2{,}5 \times 10^4$ ohmi/cm.

Vom prevedea o rețea normală din bandă de oțel de 25×4 mm pe marginea acoperișului depozitului cu 4 conductori de scurgere și cu o punere la pământ inelară din bandă de oțel, îngropată la 0,6 m, adîncime și la 2 m distanță de clădire. În afară de aceasta, vom prevedea și două paratrăznete verticale cu o punere la pământ prin țevi de 2" și 2,50 m lungime unite inelar printr-o bandă de oțel îngropată la 0,6 m adîncime și la 5 m distanță de clădire, ambele sisteme inelare fiind legate între ele în patru puncte fig. 4 și fig. 5.

Înălțimea celor două paratrăznete va fi :

$$l_p = 4 + \frac{16,5}{2} = 12,25 \text{ m.}$$

Această înălțime o căpătăm cu un stîlp de brad impregnat sau din stejar ars la bază, de

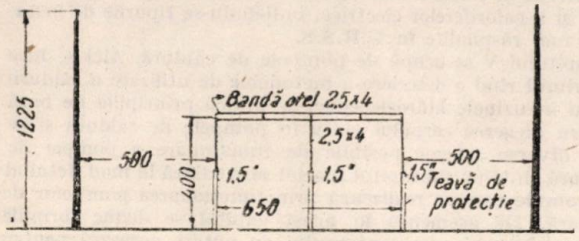


Fig. 5. Instalație de paratrăznet cu rețea și paratrăznete verticale. Vedere din față.

14 m înălțime, îngropat la 2 m adîncime și vîrful ascuțit al platbandei depășind vîrful stîlpului cu 0,25 m.

Rezistența unei țevi de punere la pămînt va fi :

$$R_{\text{fl}} = 0,366 \frac{2,5 \times 10^4}{250} \left(\log \frac{2 \times 250}{5,04} + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{2} \log \frac{4 \times 185 + 250}{4 \times 185 - 250} \right) R_{\text{fl}} = 78,66 \text{ ohmi.}$$

Rezistența celor două inele din banda de oțel va fi :

$$R_b = 0,366 \frac{25.000}{13.200} \log \left(\frac{132^2}{2,5 \times 60} + 0,301 \right) =$$

$$= 1,63 \text{ ohmi.}$$

Rezistența benzii de oțel singură este sub limita de 10 ohmi cerută. Totuși pentru mai multă siguranță, se prevede și cîte o țeavă de pămînt la fiecare paratrăznet vertical.

Avînd numai două țevi suficient distanțate între ele, nu ținem seama de coeficientul de ecranare.

Rezistența totală a țevilor va fi :

$$R_t = \frac{78,66}{2} = 39,33$$

Rezistența totală a sistemului va fi :

$$R = \frac{39,33 \times 1,63}{39,33 + 1,63} = 1,56 \text{ ohmi,}$$

deci mult sub limita admisă de 10 ohmi.

Spațiul de protecție din interiorul depozitului în dreptul coborîrilor va avea dimensiunile din fig. 6.

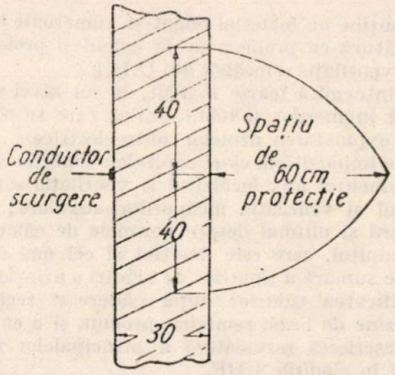


Fig. 6. Spațiul de protecție în jurul conductorului de scurgere.

Bibliografie

Stekolnicov S. S., Komelcov V. S., Bogomolov F. A., Lichacev A. F., Borisov V. N. și *Lopșil M. N.* : Protecția construcțiilor și clădirilor industriale contra trăznetelor. Editura Academia de Științe din U.R.S.S., Moscova, 1951.

Cuznețov I. A. : Tehnica securității în instalațiile electrice. Editura Tehnică, 1952.

Voronov I. V. și *Lovilchi N. N.* : Proectarea instalațiilor electrice de forță în întreprinderile industriale. Editura Energetică de Stat, Moscova, 1950.

Buletinul C.S.A.C. nr. 9 „Norme pentru proectarea și executarea construcțiilor din punct de vedere al prevenirii incendiilor".

★

РАСЧЕТ ГРОМООТВОДОВ

Резюме

Установка громоотводов стала обязательной вследствии появления норм по проектированию и сооружению конструкций с точки зрения пожарной безопасности.

В настоящей статье кратко излагаются ГУ появившиеся в Бюллетене Ч.С.А.Ч. и указываются методы расчета этих установок.

Эти методы расчета основываются на соответствующих советских работах; благодаря приложенным рассчетным примерам ясно виден ход расчета. Не указан расчет пластинчатых заземлителей так как повсюду они замененны трубчатыми заземлителями.

RECENZIE

SMIRNOV D. K.: Alimentarea cu căldură şi ventilaţie a uzinelor hidroelectrice. Editura de Stat pentru Literatură de Construcţii şi Arhitectură, Leningrad, 1953.

Această carte constitue prima lucrare sistematizată în domeniul alimentării cu căldură şi a ventilaţiei uzinelor hidroelectrice. Se acordă o importanţă deosebită utilizării căldurii deşeu dela hidrogeneratori prin folosirea pompei de căldură pentru încălzitul şi ventilaţia atît a clădirii centralei propriu zise cît şi a întreprinderilor şi a locuinţelor aşezate în apropiere.

Lucrarea conţine un material bogat şi numeroase aplicaţii practice în legătură cu problemele de calcul şi proiectare a instalaţiilor de ventilaţie şi încălzit din U.H.E.

Cartea este întocmită foarte îngrijit, la un nivel superior şi se adresează inginerilor şi tehnicienilor care se ocupă cu proiectarea şi exploatarea uzinelor hidroelectrice.

Lucrarea este împărţită în cinci capitole : Tipurile clădirilor UHE şi echipamentul lor; încălzitul şi ventilaţia sălii maşinilor; încălzitul şi ventilaţia încăperilor auxiliare; alimentarea cu căldură şi ultimul despre pompele de căldură.

In primul capitol, care este dealtfel şi cel mai scurt, se face o descriere sumară a tipurilor de clădiri a uzinelor hidroelectrice, clasificarea uzinelor după cădere şi regimul de funcţionare (uzine de bază, semivîrf) precum şi o enumerare succintă cu descrierea rezumativă a principalelor încăperi, care se prevăd în clădirile UHE.

Capitolul II tratează probleme în legătură cu schemele de ventilaţie a hidrogeneratorilor, dîndu-se cinci sisteme de ventilaţie în circuit deschis şi cinci sisteme în circuit închis. Apoi se dau tabele şi formule pentru calculul căldurii degajate de generatori şi alte utilaje auxiliare care se găsesc în sala maşinilor precum şi o metodă de calcul a încălzirii sălii maşinilor şi a camerei stăvilarelor.

De asemeni se face calculul încălzirii sălii maşinilor dela uzinele hidroelectrice cu lac de acumulare şi se arată condiţiile pe care trebuie să le satisfacă pereţii exteriori ai sălii maşinilor. Tot aici se analizează problema încălzirii sălii maşinilor în cazul cînd agregatele funcţionează numai cîteva ore pe zi şi cînd căldura reziduală degajată de acestea, după oprire, nu este suficientă pentru a menţine o anumită temperatură în sala maşinilor. In acelaşi capitol se tratează, în diverse variante, problema ventilaţiei sălii maşinilor de tip acoperit, ventilaţia centralelor fluviale cu clădirea de tip coborît precum şi ventilaţia centralelor subterane.

Capitolul III tratează probleme în legătură cu condiţiile de încălzire şi ventilaţie ale încăperilor pentru întrerupători în ulei, ale încăperilor pentru transformatori, reactori, instalaţiile de distribuţie şi galeriile cablurilor. De asemeni aici se face calculul de ventilaţie pentru camera de comandă şi sala acumulatorilor.

In capitolul IV întîlnim probleme în legătură cu generatorii de căldură folosiţi în uzinele hidroelectrice. Astfel se face descrierea şi calculul cazanelor electrice, a cuptoarelor electrice şi a caloriferelor electrice, indicîndu-se tipurile de instalaţii mai răspîndite în U.R.S.S.

Capitolul V se ocupă de pompele de căldură. Aici se face în primul rînd o descriere a metodelor de utilizare a căldurii deşeu în uzinele hidroelectrice, se indică principiile de bază pentru alegerea corpului activ în pompele de căldură şi se dau diverse scheme posibile de funcţionare a pompei de căldură. Intr-un subcapitol special se studiază în mod detailat economiile care se realizează prin funcţionarea pompelor de căldură. De asemenea în acest capitol se deduc formule pentru determinarea consumului de putere necesară pentru diverse scheme de funcţionare a pompei de căldură, în cadrul uzinelor hidroelectrice cu căderea mare, mijlocie şi mică, se dau anumite consideraţiuni în legătură cu reglajul funcţionării şi alegerea echipamentului principal al pompelor de căldură (alegerea turbocompresorului, determinarea puterii motorului electric de antrenare a compresorului, alegerea compresorului cu piston, etc.).

In ultima parte a acestui capitol se fac o serie de calcule tehnico-economice în legătură cu alegerea parametrilor apei de încălzire, stabilirea costului echipamentului de termoficare, determinarea consumului specific de căldură pentru încălzit şi alimentare cu apă caldă şi se dă o schemă de principiu pentru alimentarea cu căldură şi răcire în corpul instalaţiilor de pompe de căldură.

Este de remarcat că toate problemele tratate în această lucrare sunt însoţite de numeroase aplicaţii şi exemplificări.

De asemeni trebuie remarcat stilul simplu, clar şi concis al autorului.

In anexă găsim tabele în legătură cu cantitatea de căldură degajată de transformatori, caracteristicile principale ale reactorilor de 6 şi 10 kV şi date cu privire la căldura degajată de cablurile de forţă. In anexa nr. 5 se dau indicaţii pentru proiectarea ventilaţiei în galeriile cablurilor, după Teploelectroproiect. Se dau de asemenea date în legătură cu acumulatori, coeficienţi de transmitere a căldurii, materiale termoizolante, încălzitoare electrice, cuptoare electrice, elemente de calorifer executate în U.R.S.S., etc.

Ing. V. Cozeleiu

NOTA

Pe marginea articolului „Utilizarea viniplastului la instalaţiile de epurare chimică a apei din centrale termoelectrice", publicat în ENERGETICA Nr. 2/1954, pag. 71—75, informăm pe cititorii noştri că acest material a fost redactat pe baza corespondenţei primită de la un colectiv de ingineri şi tehnicieni format din tov. ing. M. Molho, ing. D. Dorian, ing. H. Furtunescu şi monter N. Stoica, care utilizînd documentaţia sovietică, au rezolvat în condiţiile de şantier problema prelucrării viniplastului.

Din partea Redacţiei

E 2039

KAT

ENERGETICA
şi
HIDROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R. ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Institut. de Documentare Tehnică
BUCUREŞTI
OBMEH - СМЕНА
VYMENA - WYMIANA
TAUSCH - ÉCHANGE

5-6

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT
1954

ENERGETICA ŞI HIDROTEHNICA

Apare lunar sub îngrijirea unui Comitet de Redacţie

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Anul II ★ 1954 ★ Nr. 5-6 Redacţia: Bucureşti, str. I. Ghica nr. 3 ★ Tel. 3.07.30 3.57.28

SUMARUL

Pag.

D. Buimovici: Căile de folosire energetică a lignitilor din R.P.R. 177

P. Perussi: Recuperarea căldurii la cuptoarele Siemens-Martin 181

I. Romînu: Materiale izolante termice folosite în mod curent în centralele electrice 188

G. Drăgan: Protecţia instalaţiilor electrice de joasă tensiune împotriva supratensiunilor atmosferice 197

V. I. Niţu: Reactorii ca mijloc de limitare a curenţilor de scurtcircuit 207

T. A. Comănescu: Consideraţii tehnice privind consumurile specifice de energie electrică în forajul sondelor şi extracţia ţiţeiului 212

Dorin Pavel: Descărcător hidraulic complex . . . 218

DIN EXPERIENŢA U.R.S.S.

* * * Electrificarea — mijloc important pentru consolidarea bazei tehnice a agriculturii 221

PROTECŢIA MUNCII

G. Stoicescu: Tehnica securităţii muncii în staţiile electrice 225

DIN VIAŢA A.S.I.T. 233

RECENZII 235

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Д. Буймовичь: Пути энергетического использования лигнитов в Р.Н.Р. 177

П. Перусси: Рекуперация тепла мартеновских печей 181

И. Ромыну: Теплоизоляционные материалы повседневно используемые на электростанциях . 188

Г. Драган: Защита низковольтных электрических установок от атмосферных перенапряжений . 197

В, И. Нщу: Реакторы как средство по ограничению токов короткого замыкания 207

Т. А. Команеску: Технические соображения о удельных расходах электроэнергии при бурении и добыче нефти 212

Дорин Павел: Комплексный водопропуск 218

ИЗ ОПЫТА С.С.С.Р.

* * *: Электрификация — важное средство по укреплению технической основы сельского хозяйства 221

ОХРАНА ТРУДА

Г. Стойческу: Техника безопасности на электрических подстанциях 225

ИЗ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ А.С.И.Т. 233

РЕЦЕНЗИИ 235

CĂILE DE FOLOSIRE ENERGETICĂ A LIGNIŢILOR DIN R. P. R.

Ing. D. BUIMOVICI
Candidat în ştiinţe tehnice

Se arată greutăţile întîmpinate cu arderea lignitilor în focare din cauza umidităţii, cenuşei, piritei, etc., toate acestea făcînd ca focarul proiectat pentru arderea unor sorturi de cărbune brun să nu poată fi întrebuinţat pentru ard rea lignitilor. Pe baza experienţei sovietice, se studiază posibilitatea de folosire energetică a lignitilor romîneşti prin arderea pe grătar în stare de praf, cu avantajele şi dezavantajele respective. Se arată cum conţinutul ridicat de cenuşe al lignitilor, temperaturile joase de înmuiere şi topire a cenuşei precum şi alte greutăţi din exploatare pot fi înlăturate prin sistemul de evacuare a zgurii topite lichide; în acelaş timp se pot îmbunătăţi multi din indicii tehnico-economici ai cazanelor.

Problema largei folosiri în scopuri energetice a lignitilor din R.P.R. a apărut doar în ultimii ani. Unităţile energetice ale Romîniei erau în general echipate cu dispozitive pentru ars păcura şi în rare cazuri cu instalaţii pentru ars cărbune.

In perioada de după război a avut loc într-o măsură îndeajuns de însemnată trecerea unor unităţi energetice la funcţionare cu gaz natural. Petrolul este un produs mult prea preţios, aşa încît folosirea lui în scopuri energetice poate să fie permisă numai în cazuri excepţionale.

Gazul natural din R.P.R. poate să fie cu succes folosit ca materie primă în industria chimică şi pentru alimentarea cu gaz a oraşelor. In momentul de faţă, cele mai importante oraşe din U.R.S.S. (Moscova, Leningrad, Kiev, Baku, Talin, etc.) au fost înzestrate cu o dezvoltată reţea de conducte de gaz natural, asigurînd în acest fel cea mai raţională rezolvare a problemei furnizării de căldură la temperatură înaltă în locuinţe pentru uzul casnic.

In condiţiile din R. P. R., huila şi cărbunele brun superior trebuie întrebuinţaţi în mod special prin cocsificare.

Din punct de vedere a economiei de stat, a valorificării raţionale a resurselor energetice naţionale, arderea în focarele cazanelor cu abur a unor combustibili superiori, ca cei amintiţi mai sus, este cu totul neraţională.

Din această cauză, atît în planul de electrificare, cît şi în planul cincinal, se acordă o mare atenţie folosirii combustibililor inferiori în unităţile energetice.

Cele mai bogate rezerve de combustibil inferior din R.P.R. le constituie zăcămintele de lignit, de aceea folosirea energetică a lignitului este astăzi cea mai actuală problemă din domeniul combustibililor.

Arderea efectivă a lignitului în focare întîmpină însă greutăţi foarte serioase, avînd în vedere proprietăţile lui negative, dintre care cele mai importante sînt : umiditate ridicată, conţinut mare de materie minerală (cenuşă), conţinut mărit de pirită (în unele cazuri), temperaturi joase de înmuiere a cenuşii, rezistenţă ridicată la măcinare.

Din cauza proprietăţilor enumerate mai sus, focarele proiectate pentru arderea unor sorturi de cărbune brun (pămîntos, cu luciu smolos) nu pot fi întrebuinţate pentru arderea lignitului, deşi acesta din urmă este tot un sort al cărbunelui brun.

Experienţa în domeniul arderii lignitului este foarte restrînsă. In Germania centrală şi orientală se extrage un cărbune brun cu caracter lignitic, dar care totuşi prin proprietăţile sale, diferă mult de lignit.

Zăcăminte mai importante de ligniţi se găsesc în Ungaria, Cehoslovacia, în U.R.S.S. (Ucraina

Fig. 1

subcarpatică) şi în Romînia, adică de-a lungul lanţului Carpaţilor. Deoarece arderea acestor ligniţi în focar a început relativ de curînd, au fost adunate pînă în prezent puţine rezultate în acest domeniu.

In articolul de faţă, pe baza experienţei sovietice acumulată în domeniul arderii combustibililor inferiori, sînt considerate posibilităţile de folosire energetică a ligniţilor romîneşti.

Arderea pe grătar

Conţinutul ridicat de cenuşă şi temperaturile joase de înmuiere a cenuşii sînt factorii cei mai importanţi care îngreuiază arderea efectivă pe grătar a ligniţilor din R.P.R.

In procesul arderii, bucăţile de lignit se acoperă pe suprafaţa lor cu un strat de cenuşă înmuiată sau chiar topită (zgură) din care cauză aproape încetează accesul oxigenului către masa organică a bucăţilor de lignit, ceea ce aduce după sine oprirea procesului de ardere din focar. In

afară de aceasta, zgura mai poate astupa canalele pentru aer din grătar, ceea ce de asemenea, poate periclita continuitatea arderii. De aceea, pentru asigurarea unui proces stabil şi efectiv de ardere a lignitului, este necesar să se efectueze în mod repetat agitarea, scormonirea adîncă a stratului de lignit, spre a se obţine eliberarea de zgură atît a masei combustibile, cît şi a grătarului.

O astfel de operaţie nu poate fi realizată cu efect în focarele cu deservire manuală. In acest

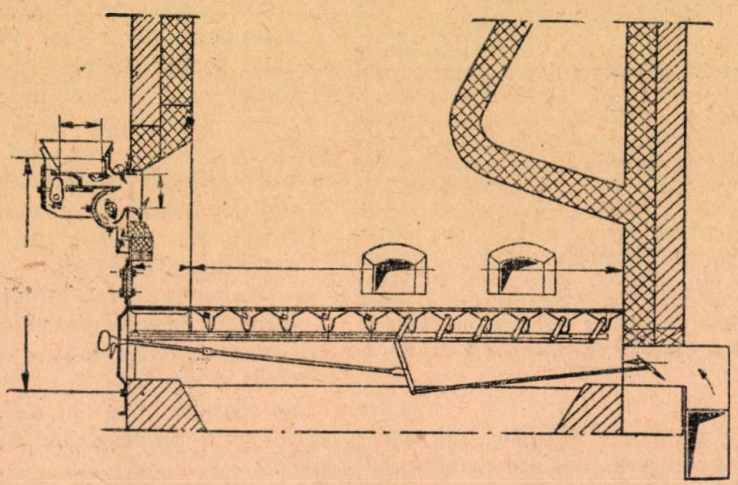


Fig. 2

caz, se măresc simţitor pierderile mecanice şi chimice prin ardere incompletă şi ceea ce este mai important, devine posibilă întreruperea procesului de ardere în focar. Mai trebuie ţinut seamă şi de faptul, că prin scormonirea adîncă şi repetată a stratului de lignit se crează condiţii extrem de grele de muncă pentru fochist.

Unul din cele mai importante principii ale tehnicii socialiste îl constituie mecanizarea muncilor grele, eliberînd pe muncitor de la locurile dăunătoare de muncă.

Ţinînd seama de randamentul scăzut şi de condiţiile nefavorabile de muncă, focarele cu deservire manuală sînt cu desăvîrşire improprii pentru unităţile mijlocii. Pentru unităţile mici, ele sînt de asemenea neindicate şi vor putea fi întrebuinţate numai în cazuri cu totul excepţionale, doar pentru arderea ligniţilor cu cenuşă greu fuzibilă.

Focarele semimecanice, cu grătare înclinate, unde mişcarea combustibililor se face sub acţiunea propriei lor greutăţi, nu sînt indicate pentru arderea ligniţilor romîneşti. Ele au fost proiectate pentru combustibilii cu conţinut foarte scăzut de cenuşă (pînă la 12—15% la masa uscată), deoarece prin formarea unui strat de zgură se împiedică mişcarea combustibilului pe grătarul înclinat, ceea ce duce la deranjamente în mersul normal al focarului. Ele sînt însă foarte indicate pentru turbă, lemne şi alţi combustibili cu conţinut scăzut de cenuşă şi de aceea încercările pentru arderea economică a turbei din R.P.R. trebuie să fie pornite de la focare semimecanice, cu grătare înclinate.

Din focarele cu deservire mecanică, proiectate pentru cărbuni inferiori, cele mai indicate pentru arderea ligniţilor romîneşti sînt focarul cu împingere răsturnată (tip Martin) şi focarul cu bază de curăţire.

Pe grătarul focarului cu împingere răsturnată are loc o scormonire permanentă, adîncă şi uniformă a stratului de lignit. In felul acesta se rezolvă cele două probleme vitale ale arderii efective şi continui a lignitului pe grătar. Prin mişcarea barelor de grătar are loc o curăţire permanentă a grătarului de zgura depusă. De asemenea, are loc o agitare permanentă a masei de combustibil bucăţile de lignit fiind în mişcare continuă, frecîndu-se şi lovindu-se între ele şi de barele grătarului, în felul acesta eliberîndu-se de zgură. Accesul oxigenului în capilarele lignitului se intensifică şi se crează condiţiile optime pentru o ardere economică cu pierderi minime de ardere incompletă mecanică.

Pentru micşorarea pierderilor prin ardere incompletă chimică, este necesar de a se prevede insuflarea cu mare viteză ($\cong 50$ m/s) de aer secundar care să creeze un vîrtej deasupra grătarului.

Prin mişcarea de rostogolire de pe grătar, bucăţile de lignit aflate la un moment dat la suprafaţa stratului şi aduse în stare de incandescenţă, se găsesc mai tîrziu în interiorul stratului.

In felul acesta are loc concomitent aprinderea superioară şi inferioară a stratului, ceea ce este foarte important pentru o ardere stabilă a lignitului, care deşi posedă o reactivitate ridicată, se aprinde îndeajuns de greu din cauza balastului foarte ridicat (cenuşă şi apă). Insfîrşit prin mişcarea compusă a stratului deasupra grătarului, bucăţile de lignit rămîn un timp mai îndelungat în focar, ceea ce prezintă importanţă deosebită pentru arderea mai completă a zgurii adică pentru micşorarea celei mai importante pierderi care are loc prin arderea combustibililor cu conţinut ridicat de cenuşă.

Termocentrala din Ujgorod, centrul regional al Ucrainei subcarpatice, echipată cu focare cu grătar cu împingere răsturnată, lucrează cu lignit local, care este foarte asemănător cu ligniţii din R.P.R.

Rezultatele satisfăcătoare [1, 2] pe care le obţine centrala din Ujgorod este o confirmare a superiorităţii focarelor cu împingere răsturnată pentru arderea efectivă a ligniţilor din R.P.R.

Consumul specific de metal pentru construcţia grătarului este mai scăzut decît la alte grătare mecanice (de exemplu rulante), iar condiţiile de lucru ale mecanismelor permit campanii lungi de exploatare.

In concluzie, şi din punct de vedere al arderii stabile şi economice, şi din punctul de vedere a unor cheltuieli de construcţie şi exploatare reduse, grătarul cu împingere răsturnată poate

fi recomandat în prezent ca soluţia optimă pentru arderea în strat a ligniţilor din R.P.R. La grătarul cu bară de curăţire are loc în special curăţirea grătarului de zgură. In schimb, eliberarea bucăţilor de lignit de pelicula de zgură ce le acoperă, cît şi amestecarea bucăţilor de lignit între ele, decurge mult mai puţin intens decît pe grătarul cu împingere răsturnată. De aceea, focarul poate fi recomandat în special pentru sorturile de ligniţi romîneşti cu conţinut de cenuşă scăzut şi ceea ce este mai important, cu puncte de topire ridicate.

Din experienţele făcute pe grătarul cu bară de curăţire cu cărbuni cu conţinut ridicat de cenuşă, nu este fără interes de a aminti arderea produsului intermediar (mixtelor) de la spălarea huilei din Donbas [5] (I, cenuşă = 29,3 — 35,6%) care a dat rezultate satisfăcătoare, ce ne face să credem că acest grătar va putea fi folosit şi pentru anumiţi ligniţi din R.P.R.

Avînd în vedere marile avantaje pe care le prezintă în exploatare focarul cu aruncător pneumomecanic, cu grătar balansant, ar prezenta interes experimentarea arderii ligniţilor (în prealabil parţial măcinaţi în concasor) intr-un astfel de focar. Bucăţile mărunte de lignit au o reactivitate pronunţată, astfel încît ele vor arde în spaţiul focarului, în timpul căderii lor, iar pe grătar va avea loc arderea bucăţilor mai mari de lignit, precum şi a resturilor de cărbune aflate în masa de zgură. In felul acesta are loc concomitent ardere în strat şi ardere în spaţiu. Evacuarea zgurii se va face prin balansarea periodică a barelor de grătar.

Acest focar ar putea fi cu folos întrebuinţat doar pentru sorturile superioare de lignit.

Arderea în stare pulverizată

In tehnica pulverizării cărbunelui, tendinţa de aplicare a schemelor simplificate de pulverizare se accentuiază din ce în ce mai mult. Multe sorturi de cărbune, pentru măcinarea cărora erau folosite înainte doar morile cu bile, sînt astăzi cu succes măcinate în cadrul unor scheme simplificate de pulverizare. In cazul lignitului nu există încă o părere bine definită în ceea ce priveşte valabilitatea diferitelor scheme de pulverizare. Schemele cu mori cu ciocane prezintă însemnate avantaje : au cost redus de investiţii, sînt compacte, sînt simple în exploatare şi în general sînt mai economice. Aceste considerente pot explica faptul că marea majoritate a instalaţiilor existente din R.P.R., care consumă lignit, sînt prevăzute cu mori cu ciocane. Dar rentabilitatea unei astfel de scheme este condiţionată de următorii factori : consumul specific de energie la măcinare, uzura specifică a metalului ciocanelor, gradul de pulverizare obţinut, elasticitatea schimbării gradului de pulverizare, asigurarea sarcinii nominale, precum şi a unei arderi stabile la sarcini reduse.

Lignitul, prin randamentul său ridicat de materii volatile, este indicat a fi măcinat în mori cu ciocane. In schimb, din cauza structurii sale fibroase, energia necesară pentru măcinare este mare, uneori atingînd şi chiar depăşind valorile corespunzătoare pentru antracit. (Trebuie de ţinut seama şi de conţinutul ridicat de pirită al unor sorturi de ligniţi romîneşti, care ridică în mod apreciabil rezistenţa la măcinare).

In acelaşi timp, uzura *) mărită a metalului ciocanelor ridică cheltuielile de exploatare şi, ceea ce este mai important, scurtează campaniile de funcţionare ale cazanului. In perioada de funcţionare a morilor cu ciocanele parţial uzate, se obţine o pulverizare din ce în ce mai puţin fină ceea ce aduce după sine instabilitatea arderii, fenomenele de depunere masivă a zgurei pe ecrane, etc.

Rezultă că în stadiul actual de dezvoltare al tehnicii măcinării nu se poate recomanda o soluţie unică pentru toate sorturile de lignit din R.P.R. urmînd ca fiecare caz concret să fie studiat în parte, şi astfel, să se stabilească, care din cele două soluţii principiale este mai rentabilă : moară cu bile sau moară cu ciocane. Pentru rezolvarea definitivă a acestei probleme, care este de importanţă primordială pentru energetica noastră, este necesară studierea amănunţită în primul rînd a fenomenului de măcinare a lignitului, cu determinarea coeficienţilor respectivi. Fără îndoială că adaptarea pentru diferite sorturi de lignit a schemei simplificate de pulverizare, moară cu ciocane şi cu puţ, este în prezent cea mai importantă problemă în domeniul folosirii energetice a ligniţilor romîneşti, în felul acesta creîndu-se o schemă adecvată atît pentru instalaţiile mijlocii (industriale) cît şi pentru instalaţiile mari (centrale electrice).

Schema de pulverizare cu moară cu bile prezintă avantajul siguranţei în exploatare, a unei indiferenţe mărite faţă de variaţiile de umiditate şi cenuşă a combustibilului. (Acest din urmă fapt prezintă interes mai ales în cazul proiectării unei instalaţii, care ar consuma combustibil dintr-un zăcămînt ce abia începe a fi exploatat, căreia deci nu i se cunoaşte în mod precis caracteristicile tehnice).

Dezavantajul principal al schemei cu mori cu bile îl constituie consumul specific ridicat de energie electrică.

O cale către micşorarea acestui consum constă în folosirea unei pulverizări mai puţin fine. Ligniţii romîneşti, care au o cantitate ridicată de substanţe volatile şi în consecinţă o reactivitate accentuată, se pretează întru totul la o astfel de pulverizare înrăutăţită. Trebuie însă să ţinem seama că o înrăutăţire exagerată a pulverizării atrage după sine mărirea pierderilor prin ardere incompletă mecanică, micşorarea stabilităţii procesului de ardere, precum şi depunerea accentuată de zgură pe ecranele de ţevi.

Pentru determinarea gradului optim de pulverizare, este necesară experimentarea în fiecare caz

*) Uzura mărită a ciocanelor în instalaţiile existente din R.P.R. nu se datoreşte numai însuşirilor caracteristice ale metalelor întrebuinţate, ci mai ales proprietăţilor specifice ale lignitului.

concret în parte, deoarece rezultatul general este influenţat atît de natura combustibilului întrebuinţat, cît şi de particularităţile constructive ale focarului. In primă aproximaţie folosindu-ne de experienţa pulverizării înrăutăţite a cărbunelui cazanului şi va avea loc curăţirea gazelor arse de particolele de zgură, ceea ce va asigura o campanie mai lungă de exploatare.

Din zgura provenită prin evacuarea lichidă din focar, se pot obţine diferite produse silicate

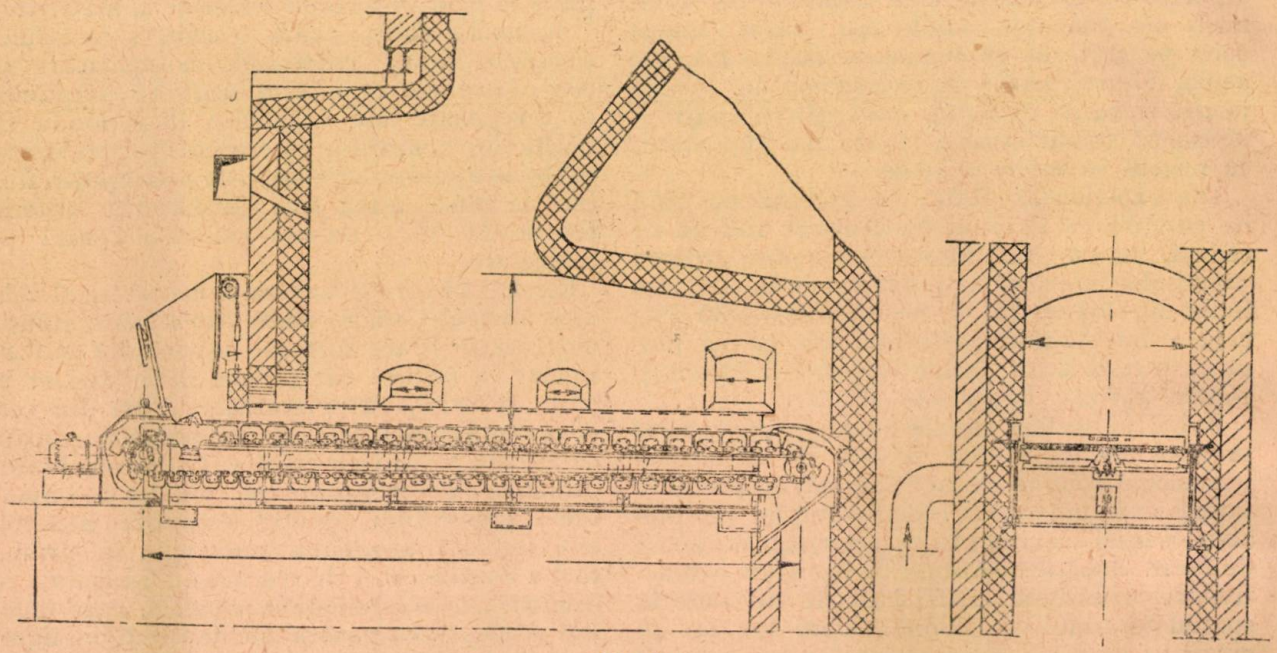


Fig. 3

brun din Bogoslovsk [6], care prin proprietăţile sale se apropie de ligniţii romîneşti, se poate recomanda pentru aceştia din urmă un grad de pulverizare cu rezidiul $R_{88} \cong 50\%$.

Avînd în vedere conţinutul ridicat de cenuşe al ligniţilor din R.P.R., cît şi temperaturile joase de înmuiere şi topire a cenuşei, introducerea sistemului de evacuare a zgurii în stare lichidă, ar putea înlătura multe din greutăţile de exploatare şi în acelaşi timp ar îmbunătăţi mulţi din indicii economici şi tehnici ai cazanelor.

Randamentul cazanului după introducerea evacuării lichide a zgurei se va mări aproximativ cu 2% [7] (ţinînd seama de cantitatea mare de substanţe volatile a ligniţilor noştri). In afară de aceasta, se va mări producţia de abur a (în special materiale de construcţie), ceea ce ar mări simţitor rentabilitatea întregei exploatări.

Bibliografie

[1] *Tolubinski V. I.*: Soobşcenia K. P. I. 4, I, 1945.

[2] Institutul Ucrainean al Combustibililor locali: Rezultatele încercărilor focarelor din Ucraina subcarpatică. Kiev, 1948.

[3] *Kendis P. N.* şi *Barstein I. K.*: Focare pentru arderea combustibililor locali. M—L, 1949.

[4] *Neciaev E. V.*: Kotloturbostroenie. 2.14, 1953.

[5] *Dmitriev B. N.*: Za economiu topliva. 4,8, 1952.

[6] *** Pregătirea şi arderea de praf de cărbune cu grad de pulverizare înrăutăţit. M—L, 1952.

[7] *** Focare cu evacuarea în stare lichidă a zgurii. M—L 1951.

★

ПУТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИГНИТОВ В Р.Н.Р.

Резюме

Указываются трудности сопряженные с сжиганием лигнитов в топках из за влажности, золы, пирита и т. д.; всё это ведет к тому что топка спроектированная для сжигания некоторых сортов бурых углей не может использоватся для сжигания лигнитов.

Основываясь на советском опыте, рассматривается возможность энергетического использования румынских лигнитов сжиганием пыли на решетке, с соответствующими преимуществами и недостатками. Указывается как высокая зольность лигнитов, низкие температуры размягчения и плавления золы а также и другие эксплоатационные трудности могут быть устраненны системой жидкого шлакоудаления; одновременно могут быть улучшенны технико-экономические показатели котлов.

RECUPERAREA CĂLDURII LA CUPTOARELE SIEMENS-MARTIN

Ing. PETRU PERUSSI

Articolul examinează problema utilizării căldurii din gazele de ardere ale cuptoarelor Siemens-Martin şi dă cîteva indicaţii pentru proiectarea instalaţiilor de recuperare. Datele expuse se referă în majoritate la încercările făcute în această direcţie în R. P. R., fiind o sinteză a experienţei acumulate.

Imbunătăţirea randamentului energetic al întreprinderilor industriale, sarcină permanentă a economiei socialiste, impune folosirea cantităţilor de căldură deşeu rezultate din procesul tehnologic. In articolul de faţă se dau date concrete asupra rezolvării problemei utilizării căldurii din gazele de ardere ale cuptorului Siemens-Martin. Cazul particular tratat poate servi pentru ilustrarea metodei generale de rezolvare a problemelor de recuperare.

Determinarea cantităţii de căldură recuperabilă

Gazele de ardere ale cuptorului Siemens-Martin, după trecerea prin regeneratoare, mai conţin importante cantităţi de căldură. In funcţie de combustibilul utilizat, temperatura gazelor se situează între 1500—1450°C la intrarea în regenerator şi 750—550°C la ieşire. In cazul instalării unui cazan recuperator, temperatura gazelor de ardere la coş poate fi redusă pînă la 250—200°C, ceea ce reprezintă utilizarea unei cantităţi de căldură deşeu de circa 40% din cantitatea folosită în regeneratoare. Dacă s-ar mări regeneratoarele şi volumul grilajelor, în măsura necesară pentru ca temperatura gazelor de evacuare să ajungă egală cu temperatura gazelor care ies din cazanul recuperator, volumul grilajelor ar trebui mărit aproximativ două ori şi jumătate. Este evident că o astfel de mărire a regeneratoarelor nu este justificată.

Pentru a preciza ideile şi a concretiza ordinul de mărime a posibilităţilor de recuperare, prezentăm două bilanţuri termice pentru două cuptoare Siemens—Martin, primul funcţionînd cu păcură, cel de al doilea cu gaz de gazogen. Bilanţurile sînt alcătuite pentru o tonă de oţel elaborat.

Bilanţul I. Bilanţul s-a stabilit pentru un cuptor Siemens—Martin de 60 tone, de construcţie mai veche, în a cărui şarjă fonta lichidă intră în mare proporţie (procedeu de elaborare fontă — minereu). Combustibilul folosit este păcura.

Bilanţul I. **Bilanţul termic al cuptorului Siemens-Martin, kcal/t lingouri**

	kcal	%	Temp °C
A. Partea superioară a cuptorului			
Căldura primită			
1 Arderea combustibilului	1 500 000	53	1920
2 Căldura aerului	690 000	24,2	1175
3 Conţinutul de căldură al aburului de pulverizare	92 100	3,24	—
4 Conţinutul de căldură al fontei lichide	155 000	5,46	1360
5 Căldura oxidării	391 000	13,22	—
6 Căldura zgurificării	43 700	0,88	—
	2 871 800	100,00	—
Căldura cedată			
1 Căldura oţelului lichid	361 987	12,06	1593
2 Căldura în zgură	210 000	7,32	1649
3 Căldura reducerii oxizilor	59 489	2,03	—
4 Căldura descompunerii carbonaţilor	52 932	1,84	—
5 Căldura CO nears	78 000	2,81	—
6 Antrenată cu apă de răcire	111 000	3,85	—
7 Pierderi în mediul ambiant	542 000	18,85	—
8 Antrenată cu gazele arse spre regenerator	1 456 392	50,70	—
	2 871 800	100,00	—
B. Canale verticale şi camere de zgură			
Căldura primită			
1 Introdusă cu gazele arse	1 456 392	50,70	—
2 Arderea CO	78 000	2,81	
	1 534 392	53,51	
Căldura cedată			
1 Cedată aerului	34 400	1,2	1120—1175
2 Pierderi	74 600	2,6	—
3 Antrenată cu gazele arse	1 425 392	49,71	—
	1 534 392	53,51	—
C. Regeneratoare.			
Căldura primită			
1 Introdusă cu gazele arse	1 425 392	49,71	—
Căldura cedată			
1 Cedată aerului	556 000	19,4	200—1120
2 Pierderi	143 394	5,0	—
3 Antrenată cu gazele arse	725 998	25,31	—
	1 425 392	49,71	—
D. Canale de fum			
Căldura primită			
1 Introdusă cu gazele arse	725 998	25,31	—
Căldura cedată			
1 Cedată aerului	99 600	3,48	20-200
2 Răcirea clapei	14 300	0,5	—
3 Pierderi	60 400	2,1	—
4 *Antrenată cu gazele arse în cazanul recuperator*	551 698	19,23	535
	725 998	25,31	—

Bilanțul II

Bilanțul termic al cuptorului Siemens-Martin, kcal/t lingouri

	kcal	%	Temp °C
A. Partea superioară a cuptorului			
Căldura primită			
1 Arderea combustibilului	1 240 000	49,6	—
2 Căldura gazului	422 285	16,9	1230
3 Căldura aerului	485 178	19,5	1120
4 Conținutul de căldură al fontei lichide	95 411	3,8	1360
5 Căldura oxidării	240 390	9,6	—
6 Căldura zgurificării	15 430	0,6	—
	2 498 696	100,00	—
Căldura cedată			
1 Căldura oțelului lichid	361 987	14,5	1593
2 Căldura în zgură	74 544	3,0	1649
3 Căldura reducerii oxizilor	59 489	2,4	—
4 Căldura descompunerii carbonaților	52 932	2,1	—
5 Căldura CO nears	51 886	2,1	—
6 Antrenată cu apă de răcire	99 948	4,0	—
7 Antrenată cu gazele arse spre regenerator	1 365 689	54,6	1649
8 Pierderi în mediul ambiant	432 221	17,3	—
	2 498 696	100,00	—

B. Canale verticale și camere de zgură

	Sistemul de aer			Sistemul de gaz		
	kcal	%	Temp. °C	kcal	%	Temp. °C
Căldura primită						
1 Introdusă cu gazele arse	819 413	32,8	1649	546 276	21,8	1649
2 Arderea CO	31 132	1,3	—	20 754	0,8	—
	850 545	34,1	—	567 030	22,6	—
Căldura cedată						
1 Cedată aerului și gazului	26 954	1,1	1065—1120	26 954	1,1	1150—1230
2 Pierderi în mediul ambiant	31 131	1,3	—	11 720	0,4	—
3 Antrenată cu gazele arse	792 460	31,7	1565	528 306	21,1	1566
	850 545	34,1	—	567 030	22,6	—

C. Regeneratoare

Căldura primită						
1 Introdusă cu gazele arse	792 460	31,7	1565	528 306	21,1	1566
Căldura cedată						
1 Cedată aerului și gazului	345 916	13,8	260—1065	166 219	6,7	675—1150
2 Antrenată cu gazele	371 971	19,9	730	247 980	9,9	732
3 Pierderi	74 574	3,0	—	114 107	4,5	—
	792 460	31,7	—	528 306	21,1	—

D. Canale de fum

	kcal	%	Temp.°C
Căldura primită			
1 Introdusă cu gazele arse	619 957	24,8	732
2 Introdusă cu gazul de gazogen	22 462	0,7	735—675
	642 413	25,5	
Căldura cedată			
1 Cedată aerului	96 138	3,7	38—260
2 Răcirea clapei	14 992	0,6	—
3 Pierderi	11 962	0,3	—
4 *Antrenată cu gazele arse în cazanul recuperator*	519 321	20,9	595
	642 413	25,5	—

Bilanţul II. Bilanţul se referă la un cuptor Siemens—Martin de 125 tone, de construcţie modernă, funcţionînd cu gaz de gazogen, Şarja cuprinde în proporţie însemnată fier vechi (procedeu de elaborare fontă — fier vechi).

Din examinarea bilanţurilor de mai sus reiese clar importanţa recuperării căldurii gazelor arse Cifrele expuse se referă la regimul termic mediu. La proiectarea cazanului recuperator pentru dimensionarea suprafeţelor schimbătoare de căldură şi alegerea ventilatorului, trebuie ţinut seama de regimul maxim care poate fi apreciat cu 35% mai mare.

Determinarea volumului de gaze arse se face ţinînd seama de excesul de aer din cuptor (spaţiul de ardere) de creşterea lui pînă la cazanul recuperator, precum şi de creşterea volumului de gaze arse în urma reacţiilor din baie.

In tabela 1 sînt date analizele gazelor de ardere în diversele secţiuni ale cuptorului şi coeficienţii de exces de aer respectivi. Aceste date pot fi considerate ca valabile pentru un cuptor nou, sau un cuptor în bună stare, exploatat corect .In acest caz practic se calculează volumul gazelor de ardere la cazanul recuperator, cu excesul de aer $n = 1{,}6$.

La cuptoarele vechi, care prezintă fisuri în pereţii regeneratoarelor şi canalelor de fum, valoarea excesului de aer poate fi estimată $n = 2$. Dată fiind influenţa nefavorabilă a aerului fals nu numai asupra funcţionării cazanului recuperator, dar asupra cuptorului Siemens—Martin în ansamblu, prin compromiterea tirajului, se recomandă învelirea pereţilor canalelor de fum cu tablă.

Tabela 1

Analiza gazelor de ardere

	CO_2	O_2	CO	n
1 Canale verticale	15,5	0,5	0,0	1,02
2 După regeneratoare . .	14,2	1,2	0,0	1,03
3 După clapă	13,0	2,0	0,0	1,08
4 La cazan	9,0	8,0	0,0	1,59

Creşterea volumului gazelor de ardere prin reacţiile din baie poate fi calculată, dată fiind compoziţia şarjei, luîndu-se în considerare evaporarea apei, degajarea bioxidului de carbon la descompunerea calcarului şi arderea carbonului din fontă. Practic se poate estima această creştere la 15—20%.

Figurile 1,2,3, şi 4 reprezintă caracteristici de funcţionare pentru cazanele recuperatoare. Fig.1,2 şi 3 se referă la cuptorul Siemens—Martin de 60 tone încălzit cu păcură. Datorită construcţiei vechi a cuptorului, marii cantităţi de aer fals, tirajului insuficient şi slabei exploatări, consumul real de combustibil este de 190 kg păcură pe tona de oţel.

Vîrful pe care diagramele îl prezintă în faza de încărcare se explică prin faptul că în exploatare injectoarele nu sînt reduse la această fază. Cifrele de producţie de abur corespunzătoare parametrilor 8 ata 260°C şi 18 ata 375°C se referă la două cazane recuperatoare montate la acelaşi

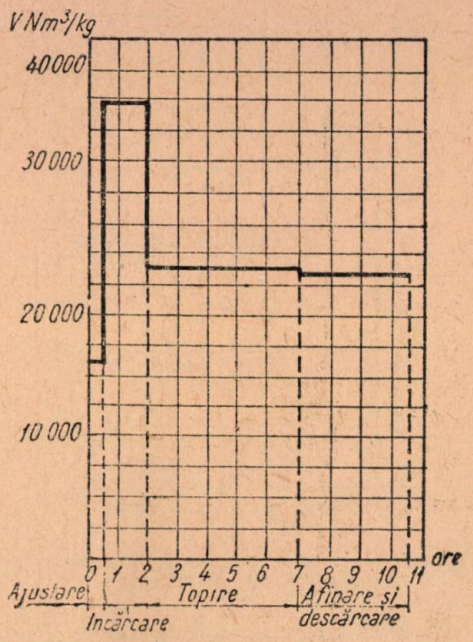


Fig. 1 — Volumul gazelor de ardere, funcţie de faza şarjei pentru cuptorul S. M. de 60 tone.

tip de cuptor, primul cu ţevi de fum, vertical, cel de al doilea cu circulaţie forţată multiplă.

Fig.4 reprezintă variaţia volumului gazelor de ardere la cuptorul de 125 tone, în timpul fazei de topire a şarjei.

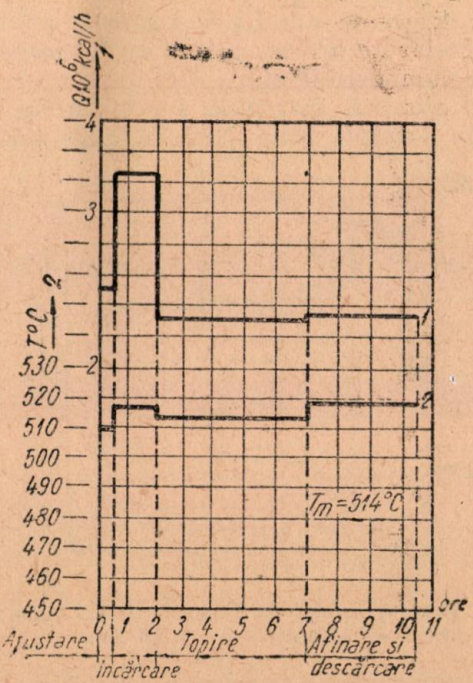


Fig. 2 — Cantitatea de căldură recuperabilă (1) şi temperatura gazelor la intrare în cazan (2) funcţie de faza şarjei pentru cuptorul S. M. pe 60 tone.

Pentru determinarea cantităţii de căldură recuperabilă, implicit a producţiei de abur, la un cuptor Siemens—Martin în funcţiune, atunci

cînd se proiectează instalarea unui cazan recuperator, se poate întrebuinţa metoda de mai jos

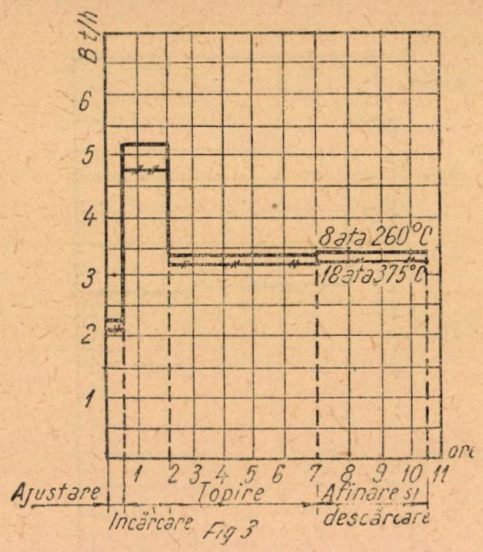


Fig. 3. Producţia de abur funcţie de faza şarjei pentru cuptorul S. M de 60 tone

pentru care sînt anexate şi diagramele necesare.

a) Se vor executa măsurători în timpul mai multor şarje, pentru fiecare fază a şarjei stabilindu-se următoarele mărimi :

— consumul de combustibil,

—temperatura gazelor de ardere la coş

—analiza gazelor de ardere la coş (Orsat).

b) Pe diagrama din fig.5 se determină coeficientul excesului de aer în funcţie de conţinutul gazelor în CO_2 şi O_2.

c) Pe diagrama din fig, 6 se găseşte volumul V_0 al gazelor de ardere, pentru un kg respectiv Nm^3 de combustibil ars.

d) Cu ajutorul diagramei **I — t** din fig.7 se stabileşte entalpia unui Nm^3 de gaze arse la

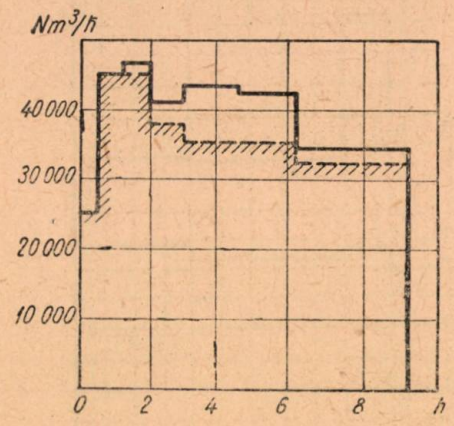


Fig. 4. Volumul gazelor de ardere în timpul fazei de topire la cuptorul S. M. de 125 tone.

temperatura medie a gazelor în canalul de fum şi entalpia unui Nm^3 de gaze arse la temperatura de ieşire din cazanul recuperator.

Temperatura de ieşire din cazanul recuperator se alege între limitele următoare :

— pentru cazane cu presiune pînă la 10 at : 210—230°C

— pentru cazane cu presiune pînă la 20 at : 220—260°C.

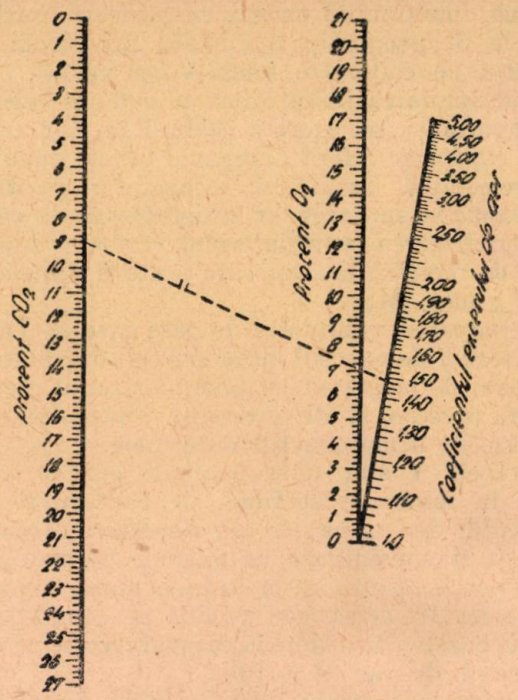
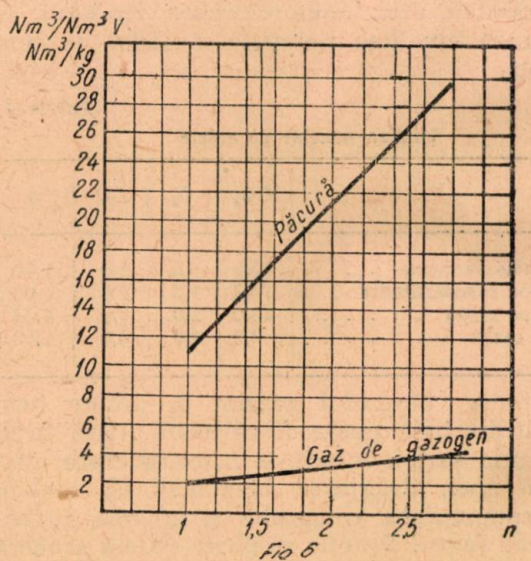


Fig. 5. Nomogramă pentru determinarea excesului de aer

e) Producţia orară de abur ce se poate obţine prin recuperarea căldurii gazelor de ardere de la



Fig, 6. Volumul gazelor de ardere, funcţie de excesul de aer

cuptorul Siemens—Martin considerat, în timpul respectivei faze a şarjei este dată de relaţia

$$B = \frac{G \cdot V_0 (I_i - I_e) \cdot 0{,}95}{1\,000\,(i - i_0)} \text{ t/h};$$

în care :

G este consumul de combustibil pentru faza respectivă kg/h, Nm^3/h ;

V_0 — volumul gazelor de ardere Nm^3/kg ; Nm^3/Nm^3 ;

I_i — entalpia gazelor de ardere la temperatura medie de intrare a gazelor în cazan, kcal/Nm³;

I_e — entalpia gazelor de ardere la ieşirea din cazan, kcal/Nm³;

i — entalpia aburului livrat, kcal/kg;

i_o — entalpia apei de alimentare, kcal/kg

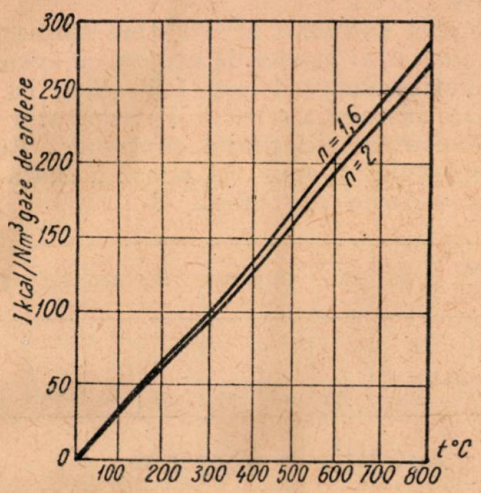


Fig.7 Diagrama I-t

Reprezentînd producţia de abur a cazanului recuperator, pe fazele şarjei se obţine o diagramă de felul celei reprezentate în fig.3.

Suprapunînd diagramele de producţie ale cazanelor recuperatoare, corespunzător graficului

Cazanul recuperator

Experienţa utilizării cazanelor recuperatoare la cuptoarele Siemens—Martin arată faptul că rezultate cu adevărat satisfăcătoare se obţin numai folosind cazane proiectate special pentru acest scop. Regimul termic este diferit de cel al unui cazan obişnuit, temperatura gazelor de ardere fiind scăzută şi atingînd 700 — 800°C numai în perioade de scurtă durată, la alimentarea forţată a cuptoarelor, în cursul celei de a doua jumătăţi a procesului de topire.

O problemă deosebit de importantă este cantitatea mare de praf conţinută de gazele de ardere, atingînd 1,5 g/m³ şi chiar mai mult.

Cazanele recuperatoare folosite actualmente pot fi clasificate în trei categorii : cu ţevi de apă cu ţevi de fum şi cu circulaţie forţată.

Cazanele cu ţevi de apă prezintă serioase deficienţe, întrucît necesită o suprafaţă mare, o zidărie scumpă şi de etanşeitate dubioasă, iar curăţirea depunerilor de praf este dificilă. Cazanele cu ţevi de fum sînt foarte potrivite utilizării pentru scopuri de recuperare, recomandîndu-se montarea lor verticală. Avantajele prezentate sînt gabaritul restrîns, costul destul de redus, depuneri slabe de praf şi uşoara lor curăţire, precum şi posibilitatea de a lucra cu apă netratată. Domeniul de aplicare al cazanelor cu ţevi de fum este însă limitat de presiuni de circa 15 ata şi producţii de 5—6 t/h, întrucît utilizarea lor dincolo de acest domeniu duce la construcţii greoaie, ce nu se pot justifica tehnic.

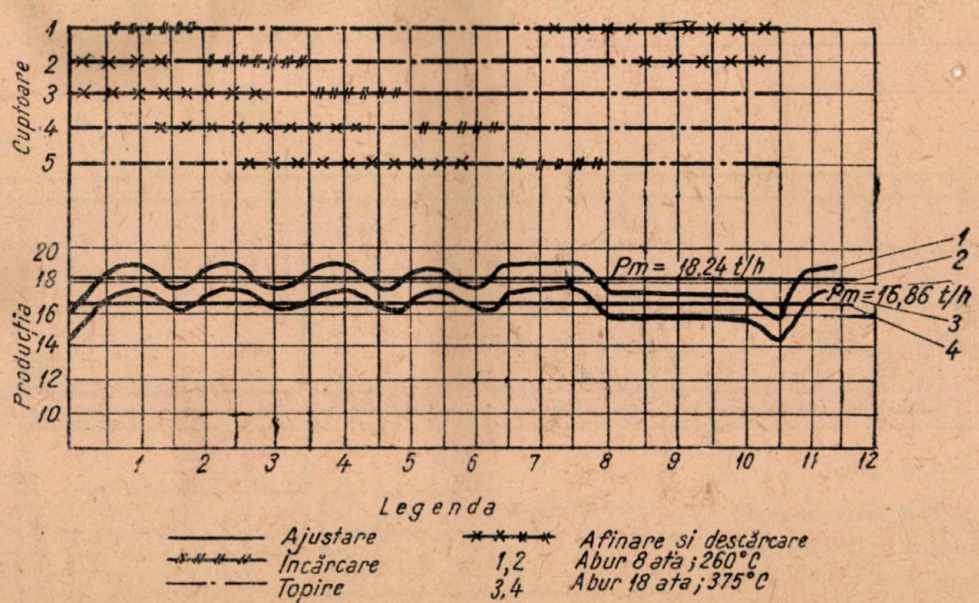


Fig. 8. Dinamica producţiei de abur pentru o oţelărie S. M. cu cinci cuptoare de 60 tone

de funcţionare a întregei oţelării Siemens—Martin, se obţine diagrama producţiei de abur în funcţie de dinamica exploatării cuptoarelor, care oferă o privire de ansamblu a producţiei de abur a oţelăriei şi a variaţiilor producţiei în timp. O astfel de diagramă este prezentată în fig.8.

Cazanele cu circulaţia forţată se utilizează aproape în exclusivitate pentru recuperarea căldurii la cuptoarele Siemens—Martin de capacitatea mai mare de 125 t şi la cuptoare mai mici atunci cînd se doreşte obţinerea aburului la presiuni superioare de 15 ata. Se construiesc

de tip cu serpentine transversale, cu două drumuri de gaze, cu supraîncălzitor şi economizor. Circulaţia de apă este de circa şapte ori pe oră volumul de apă corespunzător debitului de abur.

Reglajul alimentării se face automat. Energia consumată de pompele de circulaţie este de circa 1% din debitul cazanului.

Pentru a aprecia condiţiile reale de lucru ale cazanului recuperator, dăm mai jos în tabela 2 rezultatele măsurătorilor efectuate asupra unui cazan recuperator montat la un cuptor Siemens—Martin de 125 t, funcţionînd cu păcură. Cazanul este de tip cu ţevi de fum, cu o suprafaţă de 465m².

Tabela 2

Datele încercării cazanului cuptorului de *125* t cu reglaj automat al arderii.

Durata încercării — 1 sarjă; suprafaţă de încălzire 465 m²

Timpul de la începutul şarjei în ore	Abur				Produsele arderii Temperatura °C	
	Cantit. kg	Presiunea kg/cm²	Supraîncălzirea °C	Temperatura °C	Care intră	Care ies
	a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*
1	7.338	10,7	42	227	572	244
2	7.167	10,6	39	223	572	243
3	7.303	10,6	40	224	572	240
4	7.620	10,3	41	224	572	241
5	6.985	10,0	38	220	572	235
6	6.668	10,2	37	220	532	236
7	7.303	10,4	35	219	537	239
8	7.303	10,5	38	222	554	246
9	7.938	10,8	39	224	586	239
10	7.303	10,4	41	226	586	249
Medie	7.303	10,4	39	223	562	241

Calculul cazanului recuperator se face pentru următoarele valori recomandate ale vitezelor gazelor de ardere:

— Curent longitudinal (cazane cu tuburi de fum): 20—30 m/s

— Curent longitudinal (în partea exterioară a ţevilor): 12—15 m/s

— Curent transversal (fascicole în eşichier): 8—12 m/s.

La calculul hidraulic se va ţine seama de volumul maxim al gazelor de ardere, cu eventualele aspiraţii masive de aer fals ştiind că în nici un caz, instalaţia cazanului recuperator nu trebuie să compromită tirajul cuptorului. Rezistenţa cuptorului propriu zis poate fi luată în calcul cu valorile din tabela 3.

Tabela 3

Capacitatea cuptorului *t*	35	50	70	90	125	185	220	370
Rezistenţa cuptorului canal de fum mm ca.	30	35	40	50	60	70	70	80

Instalaţia de recuperare

Instalaţia de recuperare se compune din cazane şi agregate anexe. Amplasarea cazanelor se face de obicei între coşurile cuptoarelor Siemens—Martin, grupate cîte două în aceeaşi clădire. Din canalul de fum al cuptorului se execută o derivaţie prin care se aduc gazele la cazan, legătura directă se obturează printr-un registru şi rămîne cu rol de leg—pas.

In fig.9 este dată schema unei instalaţii de recuperare compusă din cinci cazane cu circulaţie

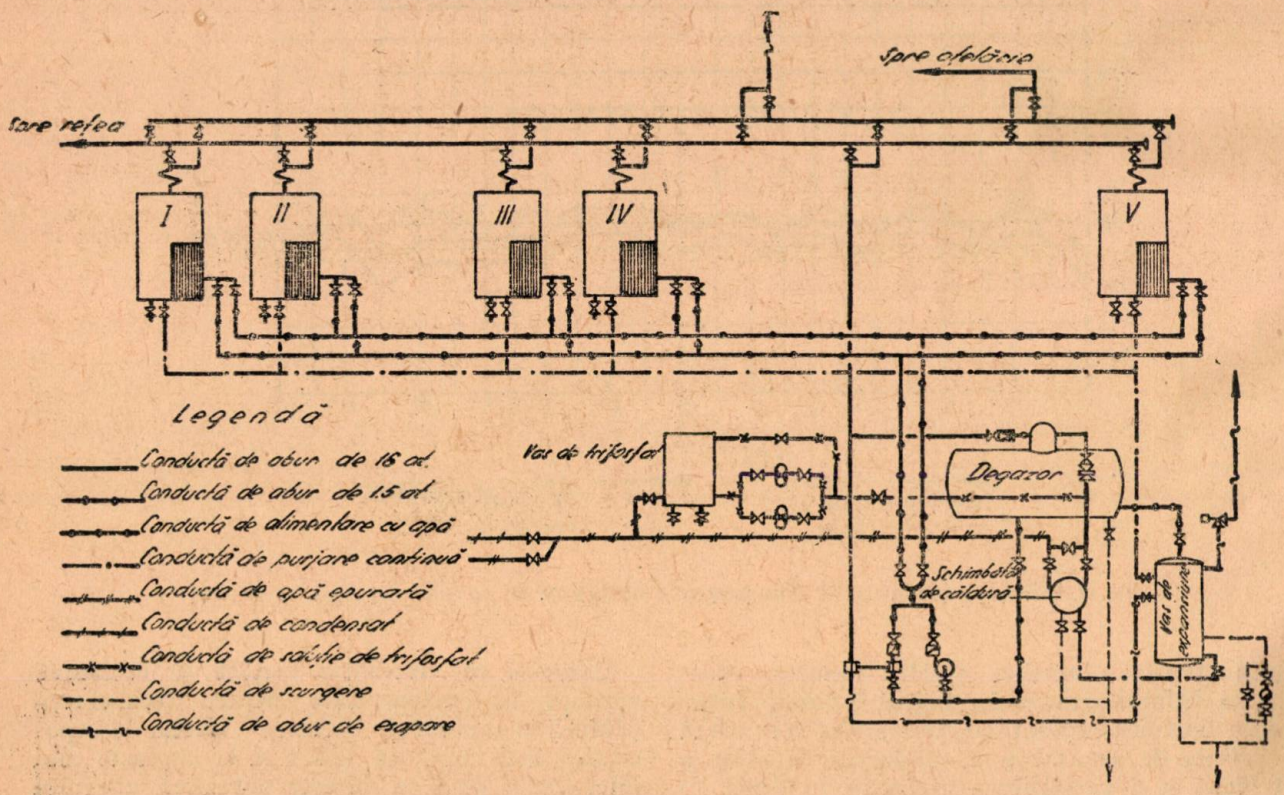


Fig. 9. Schema unei instalaţii de recuperare folosind cazane cu circulaţie forţată

forţată, debitînd în paralel. Apa de alimentare este preîncălzită cu purja continuă a cazanelor, care reprezintă circa 16% din debit. Incălzirea apei în degazor se face cu abur de detentă de 1,5 ata, din vasul de expansiune şi cu abur viu redus, preluat din magistrală.

stă cale permite acoperirea consumului propriu al instalaţiei de recuperare şi eventual obţinerea unui surplus.

Preţul de cost al aburului la cazanele de recuperare este scăzut, aproximativ o treime faţă de aburul produs într-o centrală normală, iar insta-

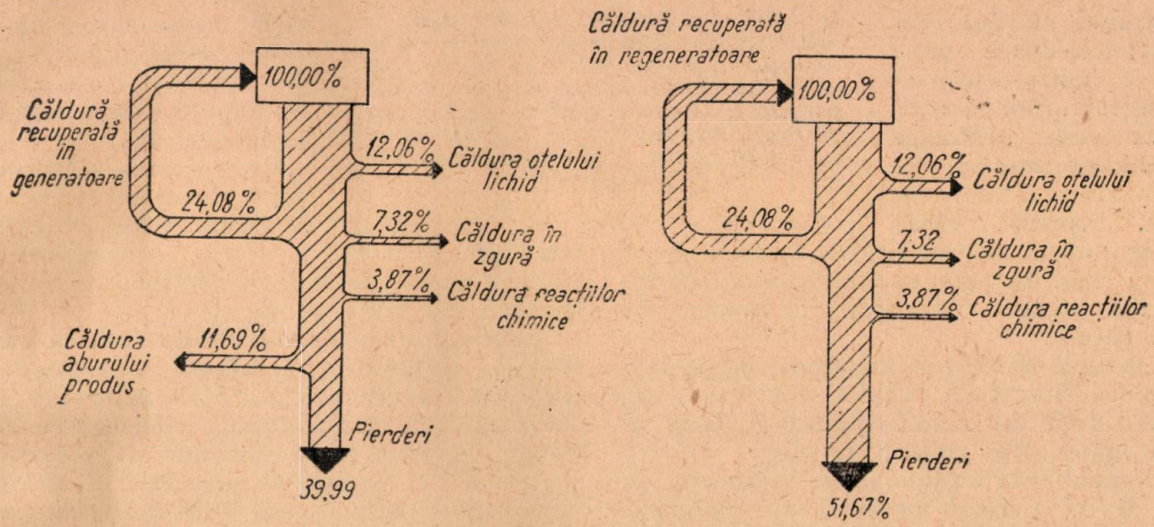


Fig. 10

In scopul precipitării sărurilor şi a menţinrii unei alcalinităţi convenabile în cazan, se adaugă apei de alimentare o cantitate de fosfat trisodic.

Calculul economic

Aprecierea rentabilităţii instalării cazanelor recuperatoare se face pe baza întocmirii unui calcul economic.

Avînd în vedere faptul că aproximativ 50% din preţul de cost reprezintă consumul de energie electrică pentru antrenarea ventilatoarelor şi pompelor, este avantajoasă în cazul unei oţelării mari soluţia producerii de abur la parametri ridicaţi, a destinderii lui într-o turbină cu contrapresiune şi a livrării lui ulterioare la consumatori. Energia electrică obţinută pe acea-

laţiile se amortizează în timp foarte scurt, aproximativ doi ani.

Datele enumerate, precum şi schema comparativă din fig. 10 arată importanţa introducerii instalaţiilor de recuperare la cuptoarele Siemens—Martin şi folosul pe care îl aduc, permiţînd obţinerea de mari cantităţi de abur şi economisirea unor importante cantităţi de combustibil.

Bibliografie

[1] *Buell W.*: Cuptorul Siemens-Martin Metallurghizdat. Moscova, 1945.

[2] *Barejinscki A.*: Parametrii şi tipurile cazanelor recuperatoare. Revista „Pentru economia de combustibil" Nr. 2 1949.

★

РЕКУПЕРАЦИЯ ТЕПЛА МАРТЕНОВСКИХ ПЕЧЕЙ

Резюме

В статье рассматривается вопрос использования тепла дымовых газов мартеновских печей и даются некоторые указания по проектированию рекуперирующих установок. Изложенные данные относятся в большинстве случаев к опытам проведенным в этом направлении в Р.Н.Р. — являясь сводкой накопленного опыта.

MATERIALE IZOLANTE TERMICE FOLOSITE IN MOD CURENT IN CENTRALELE ELECTRICE

Ing. ILIE ROMÎNU

Se indică considerentele teoretice avute în vedere la alegerea materialelor izolante. Se dă o descriere a materialelor termoizolante organice şi anorganice folosite în centralele termoelectrice, se dau 2 tabele cu proprietăţile principale ale materialelor izolante şi se arată felul cum se face izolarea conductelor şi aparatelor.

Construirea marilor centrale termoelectrice pune variate şi multiple probleme constructorilor noştri. Una din aceste probleme este izolarea termică a instalaţiilor şi conductelor din centrale. Folosind experienţa şi ajutorul neprecupeţit al tehnicii sovietice, s-au creat în ţara noastră bazele teoretice şi practice pentru rezolvarea problemelor de această natură.

Pînă în anul 1944, nici literatura de specialitate şi nici literatura tehnică romînească nu dispuneau decît de lucrări empirice în ceea ce priveşte materialele izolante termice.

Sub regimul burghezo-moşieresc capitalist, nu numai că nu existau produse sau materiale izolante termice, din materii prime indigene, dar nu erau stabilite nici măcar metodele şi aparatura de control pentru determinarea constantelor fizico-chimice.

Avîntul mare şi progresul în construcţia de centrale electrice, a creat necesitatea preparării materialelor izolatoare din materii prime indigene ; noi urmăm şi în această privinţă exemplul U. R. S. S., unde s-a ajuns la fabricarea unui enorm sortiment de produse izolante termice din materii prime indigene.

In economia socialistă din R.P.R. fabricaţia de produse şi materiale din materii prime indigene, ca şi valorificarea resurselor locale, este o preocupare de bază. Folosind documentaţia şi experienţa sovietică, oamenii de ştiinţă din ţara noastră studiază în prezent şi problema materialelor izolante, pentru centralele termoelectrice.

A. Consideraţii teoretice asupra izolanţilor termici

Prin izolaţie termică se înţelege un strat auxiliar de material, care are rolul de a scădea valoarea pierderilor de căldură în mediul exterior. Izolaţia are ca scop, fie să aducă o economie de combustibil sau să permită realizarea anumitor procese tehnologice, fie că creeze condiţiile cerute de asigurarea sănătăţii personalului.

Alegerea tipului şi dimensiunilor izolaţiei se face diferit, după scopul pe care acesta îl are : în cazul economiei de combustibil, se ţine seama în primul rînd de consideraţii economice, iar în celelalte cazuri, de necesităţile tehnologice şi de protecţie a muncii.

La alegerea materialului izolant au de asemenea, o mare importanţă, pe lîngă factorii economici şi celelalte elemente, ca greutate, igienă a lucrătorilor care lucrează cu acest material, proprietăţile higroscopice, simplicitatea montajului, durata de serviciu a materialului, distanţa de locul unde se confecţionează.

Pentru izolaţia termică se folosesc materialele cu un coeficient de conductibilitate termică mică ; în genere, materialele izolante au un coeficient de conductibilitate termică mai mic de 0,2 kcal mh °C.

Coeficientul de conductibilitate termică a materialelor depinde într-o măsură însemnată de porozitatea acestora. Cu cît un material are o porozitate mai mare, cu atît coeficientul de contuctibilitate termică este mai mic. O măsură a porozităţii o constituie greutatea specifică a materialului (kg/m³), care este de asemenea o cifră caracteristică pentru izolaţie.

O mare importanţă prezintă la alegerea izolaţiei şi proprietăţile mecanice ale materialelor, capacitatea lor de a absorbi umiditate şi de a rezista la o anumită temperatură. In cazul cînd temperatura obiectului ce se izolează este ridicată, izolaţia se poate realiza din mai multe straturi de material diferit, care sînt aşezate asftel. ca temperatura la care sînt supuse să nu depăşească valorile admisibile pentru aceste materiale.

Pentru calculul izolaţiei termice se pot folosi formulele obişnuite ale transmiterii de căldură.

Pentru un calcul aproximativ al grosimii izolaţiei conductelor, N.N. Miheev a stabilit o formulă care permite să se determine grosimea izolaţiei conductelor cu o aproximaţie de 3—5% pentru cazul cînd căldura trece prin convecţie liberă şi cînd temperatura mediului exterior are 20°C.

Formula lui Miheev pentru determinarea grosimii izolaţiei la conducte este :

$$\delta_{iz} = \frac{2{,}75\, d_1^{1,2} \cdot \lambda_{iz}^{1,35} \cdot t_{p.1}^{1,75}}{q_l^{1,5}} \text{ în mm}$$

unde :

δ_{iz} este grosimea izolaţiei în mm ;
d_1 — diametrul conductei neizolate în mm ;
$t_{p.1}$ — temperatura conductei neizolate în °C ;
λ_{iz} — coeficientul de conductibilitate termică a izolaţiei în kcal/m h. °C. ;
q_l — pierderile de căldură pe metru liniar de conductă în kcal/m.h.

După natura lor, materialele izolante termice pot fi împărţite în : materiale izolante termice

organice şi materiale izolante termice anorganice. In cele ce urmează, se vor arăta proprietăţile principalelor materiale izolante termice.

B. Materiale izolante termice organice

Pluta. Provine din scoarţa unui copac şi este foarte elastică şi impermeabilă, din cauza unei răşini pe care o conţine. Pentru a putea să i se dea o întrebuinţare comodă ca izolator termic, este prelucrată în plăci sau granule care nu schimbă cu nimic calităţile sale principale. In mod obişnuit, plăcile izolatoare de plută pot fi de trei feluri şi anume : expandate, impregnate şi emulsionate.

Prin măcinare la o moară cu valţuri sau ciocane, se obţine pluta brută sub formă de bucăţele, numite granule. Aceste granule amestecate, se introduc în forme, se presează, se închid în aşa fel, ca granulele să rămînă sub presiune. Apoi formele se introduc în cuptoare şi se menţin la o temperatură de 200°C, timp de 10—15 ore. Din cauza căldurii, aerul din interiorul granulelor de plută tinde să se dilate şi provoacă şi dilatarea granulelor. Această dilatare a granulelor de plută se numeşte expandare. Pluta expandată este cu mult mai elastică şi nu putrezeşte. Sub această formă, pluta este materialul izolator cel mai bun, dar şi cel mai scump.

La izolarea conductelor, pluta se foloseşte sub formă de cochilii, care sînt nişte jumătăţi de cilindru de diametru interior egal cu diametrul exterior al conductei ce se izolează. Lungimea cochililor se face de 0,25m ; 0,35m ; sau 0,50 m ; la izolarea conductelor cu un diametru mai mare, sau a aparatelor cilindrice, nu se întrebuinţează cochilii, deoarece acestea ar fi de dimensiuni prea mari. Pentru asemenea cazuri, se fabrică segmenţi, care sînt nişte bucăţi mai mici de suprafeţe cilindrice. In tabelele 1 a şi 1 b se dau proprietăţile mai importante ale plutei.

Bumlitizul. Este un material produs în Uniunea Sovietică. Se fabrică din rumeguş, talaj mărunt şi hîrtie veche, amestecată cu apă pînă la obţinerea unei paste omogene. Se adaugă răşină naturală, care are drept scop să lipească între ele materialele componente şi să impermeabilizeze materialul rezultant. Pasta astfel obţinută se toarnă în forme, se presează uşor şi se usucă în vid. După aceea, plăcile se introduc în uscătorii unde se ţin la 80°C timp de 24 ore. Aceste materiale sînt suficient de impermeabile şi rezistente. Dacă se tratează cu substanţe ignifuge devin neinflamabile, iar prin tratare cu bitum, perfect impermeabile. Atît pluta, cît şi bumlitizul se întrebuinţează ca izolanţi termici în centralele electrice, la temperaturi nu prea ridicate (în jurul a 120°C) utilizarea lor fiind limitată de proprietăţile fiecăruia dintre ele.

C. Materiale izolante termice anorganice

Dintre materialele izolante termice anorganice sau minerale, care se folosesc la izolări în centralele electrice, se amintesc următoarele :

Azbestul a cărui principală calitate este aceea de a rezista focului ; este un material scump şi din această cauză se întrebuinţează de obicei amestecat cu alte materiale şi numai rare ori curat, la temperaturi foarte ridicate, cînd nu se pot întrebuinţa alte materiale izolatoare.

La izolări termice obişnuite, se amestecă cu diatomit sau magnezie.

Azbestul curat (neamestecat cu alte materiale) se întrebuinţează sub formă de material de umplutură, şnur, pînză, rogojini şi saltele. In acest din urmă caz, materialul de bază întrebuinţat este împletitura de sîrmă (rabiţ) sau chiar pînză de asbest. Caracteristicele acestora sînt arătate în tabela anexă.

Lînurile minerale cuprind toate materialele fabricate în fibre subţiri de substanţă minerală. Cele mai folosite lînuri minerale sînt : vata de sticlă, vata de piatră şi lîna de zgură. Deoarece aceste trei feluri de lînă minerală se aseamănă între ele, în cele ce urmează se dă o descriere mai amănunţită numai a vatei de sticlă.

Vata de sticlă se fabrică din sticlă obişnuită, întrebuinţîndu-se în special cioburile şi deşeurile rămase de la fabricarea geamurilor. Fabricarea se face în felul următor : se topesc întîi cioburile de sticlă într-un cuptor încălzit electric la 1350°C. Sticla topită curge printr-un orificiu, în centrul unui disc care se învîrteşte foarte repede şi care are pe margine o mulţime de şănţuleţe. Sticla topită curgînd pe acest disc este aruncată spre marginile lui, datorită forţei centrifuge. In acelaşi timp este spulberată de şănţuleţele pe care le întîlneşte, ajungînd astfel la marginea discului sub formă de firicele subţiri.

Dintre toate materialele termoizolante folosite, vata de sticlă este acea care conţine cantitatea cea mai mare de aer. Firele vatei de sticlă cuprind între ele mult aer, dar nu pot forma compartimente care să nu comunice între ele. Aerul din vata de sticlă poate circula în toate direcţiile, ocolind mii şi mii de spire de sticlă. Posibilitatea de circulaţie a aerului este principalul dezavantaj al vatei de sticlă. Ea nu este destul de rezistentă şi se foloseşte ca material de umplutură între doi pereţi rezistenţi.

Vata de sticlă poate fi prelucrată sub formă de rogojini sau saltele, fixîndu-se prin cusut un strat de vată de sticlă pe un alt material mai rezistent, ca de pildă cartonul ondulat sau rabiţul. Vata de sticlă este foarte permeabilă pentru apă dar nu putrezeşte. O altă calitate a vatei de sticlă este rezistenţa ei la foc şi la variaţii de temperatură. La temperaturi sub 0°C, vata de sticlă nu se poate întrebuinţa decît ferită de umezeală. Nu atacă suprafeţele de izolat, dar nici nu le apără, deoarece nu se lipeşte de ele.

Intrebuinţarea vatei de sticlă ca material de umplutură este din ce în ce mai rară, deoarece cu vremea, vata se tasează (se îndeasă singură, astfel că rămîne un loc gol în partea de sus a izolaţiei). Rogojinile din vată de sticlă sînt formate dintr-un strat de vată cusut pe carton simplu sau ondulat, rabiţ sau pînză a cărui grosime variază de la 1,5 cm lungime pînă la cel mult

7 cm. Dimensiunile rogojinelor sînt deobicei 5 m lungime şi 1 m lăţime.

Saltelele de vată de sticlă sînt formate dintr-un strat de vată cusut între două rînduri de rabiţ sau pînză. Grosimea saltelelor este de obicei mai mare ca a rogojinilor, mergînd pînă la 15cm. Lăţimea saltelelor este 1 m, iar lungimea de 3 m. De multe ori saltelele se fac după tipare, avînd forma exactă a suprafeţei de izolat. Pentru izolarea conductelor cotite, rogojinile nu sînt comode, de aceea se confecţionează fişii de vată de sticlă. Acestea sînt asemănătoare rogojinilor, cu deosebirea că în loc de a avea o lăţime de 1 m, au numai 10 cm. Pentru acelaşi scop se fabrică cu o maşină specială un şnur da vată de sticlă, avînd 2, 3 sau 4 cm diametru. Tot în scopul de a uşura manopera de izolare a conductelor, se confecţionează cochilii de vată de sticlă. In acest caz, vata de sticlă se amestecă cu puţin clei. Spre deosebire de cochiliile de plută, care sînt semicilindrice, cochiliile de vată de sticlă au forma unui cilindru complet, tăiat după o generatoare. Vata fiind foarte elastică, cochiliile se pot deschide cu uşurinţă pentru a se monta pe conducte. Transportul şi manipularea vatei de sticlă nu prezintă dificultăţi, materialul fiind elastic şi foarte uşor. Singura precauţie de luat este ferirea de umezeală.

Lîna de zgură. Se fabrică la fel ca şi vata de sticlă, pornind de la bucăţi de zgură de furnal înalt. Lîna de zgură se aseamănă cu vata de sticlă. Este de culoare albicioasă. Cu cît este mai albă, cu atît calitatea ei este mai bună. Fibrele ei sînt ceva mai subţiri ca ale vatei de sticlă. Spre deosebire de vata de sticlă, lîna de zgură nu produce mîncărimi pe piele, deoarece firul de zgură deşi este mai subţire, totuşi este mai mlădios ca cel al vatei de sticlă şi de aceea, nu se sparge şi nu pătrunde în piele. Temperatura pînă la care poate rezista lîna de zgură este mai mare decît în cazul vatei de sticlă. Lîna de zgură se poate întrebuinţa sub formă de material de umplutură, sub formă de rogojini sau saltele sau amestecată cu fire de azbest.

In Uniunea Sovietică s-a găsit un foarte bun material izolant, numit plută minerală. Acest material a fost obţinut de cercetătorul rus Abramov, prin amestecarea lînii de zgură cu bitum, caolin curat (argila albă, unsuroasă) şi alte substanţe. Din cauza bitumului, pluta minerală rezistă bine la umezeală. Acest material se fabrică sub formă de plăci şi cochilii şi se întrebuinţează destul de des.

Vata de piatră se fabrică în mod asemănător cu vata de sticlă şi lîna de zgură, materia primă fiind formată din piatră argiloasă sau silicioasă de o anumită calitate, aleasă cu multă îngrijire. Calităţile şi înfăţişarea vatei de piatră depind de materialul din care se fabrică. In general, are o culoare alb — verzuie. Fibrele acesteia sînt mai lungi şi mai mătăsoase decît ale vatei de sticlă. Felul de întrebuinţare este acelaşi ca şi al vatei de sticlă.

Diatomitul este un pămînt uşor. Fiecare bob al acestui pămînt are mii de celule de aer extrem de mici. Diatomitul se exploatează în cariere, aşa cum se exploatează argila sau nisipul. Pentru ca diatomitul să poată fi întrebuinţat la izolări, trebuie să fie format din 60% carapace de diatomee. Bulgării de diatomit scoşi din cariere sînt de culoare albă, cenuşie, gălbuie sau verzuie. Cei de culoare albă sînt de calitate mai bună.

Diatomitul se usucă mai întîi sub formă de bulgări, se macină şi apoi se arde în cuptoare, distrugîndu-se astfel toate materiile organice şi impurităţile. Praful astfel obţinut se separă pe calităţi. Cel mai uşor, reprezintă calitatea cea mai bună.

Diatomitul sub formă de praf se poate întrebuinţa ca izolant numai ca material de umplutură. Pentru a-l putea folosi cu mai multă uşurinţă, se prepară din el masa sau mortarul de diatomit, plăci, cărămizi, cochilii sau segmenţi de diatomit. Masa sau mortarul de diatomit se prepară amestecîndu-se praful de diatomit cu un liant, care poate fi pămînt galben curat. Se mai adaugă şi un material sub formă de fibre, care are drept scop de a împiedica formarea de fisuri în mortarul întărit după izolare. De obicei, se adaugă rumeguş, păr de animale sau fibre de azbest. Masa de diatomit amestecată cu apă, se transformă într-o pastă lipicioasă, care se poate întinde şi lipi în straturi succesive pe suprafeţele de izolat. Masa gata pregătită sub formă de praf, se păstrează în saci de hîrtie. Depozitarea trebuie făcută în aşa fel, încît saciisă fie feriţi de umezeală. Fabricarea maselor izolatoare de diatomit este reglementată prin STAS 1708—50. Acestea sînt de trei calităţi :

Calitatea I—a are o greutate volumetrică de 160—230 kg/m³ sub formă de praf neîndesat. Temperatura maximă de utilizare este de 500°C, iar coeficientul de conductibilitate termică 060—0,075 kcal/m h °C.

0,Calitatea II—a are o greutate volumetrică de 230—340 kg/m³. Temperatura maximă de utilizare, 300°C, iar coeficientul de conductibilitate termică 0,075—0,090 kcal/m h °C.

Calitatea a III-a are greutatea volumetrică 340—450 kg/m³, temperatura maximă de utilizare 180°C, iar coeficientul de conductibilitate termică 0,09—0,1 kcal m h °C.

Masa de diatomit, aplicată sub formă de pastă în straturi succesive se poate întrebuinţa cînd suprafeţele de izolat sînt calde sau fierbinţi, pentru ca pasta să se poată usca. Pentru a înlătura acest neajuns, s-a căutat să se întrebuinţeze diatomitul sub altă formă şi s-a ajuns la fabricarea cărămizilor şi cochiliilor de diatomit. Se înlocuieşte pămîntul galben cu alt liant, care să se întărească repede, fără a fi nevoie de căldură. Rezultatele cele mai bune s-au obţinut prin întrebuinţarea unui amestec de ipsos cu var. Amestecul de diatomit cu var, ipsos, fibre şi apă, se toarnă în formă de cochilii, segmenţi sau cărămizi şi se usucă în uscătorii. Materialul astfel fabricat este alb, destul de sfărîmicios şi se înmoaie la umezeală. Pentru a obţine o rezistenţă bună la umezeală, mortarului de mai sus i se adaugă şi o cantitate mică de bitum.

Cele mai bune cochilii de diatomit se fabrică însă dintr-un amestec de diatomit, pămînt galben special şi rumeguş pus în forme şi ars în cuptoare. Cochiliile şi cărămizile de diatomit arse poartă numele de dialit. Diatomitul curat, sub formă de praf, are în interiorul lui o cantitate foarte mare de aer, aproximativ 8 părţi aer şi o parte diatomit, din care cauză şi greutatea lui volumetrică este mică (150—350 kg/m³).

Greutatea volumetrică a cochiliilor şi cărămizilor de diatomit este de asemenea, mai mare decît a diatomitului curat şi variază după calitatea şi modul de fabricaţie, între 350—500 kg/m³. Calităţile de izolare ale diatomitului sînt foarte bune şi se înrăutăţesc prin amestecare cu diferiţi lianţi. Diatomitul sub formă de praf, nu se poate întrebuinţa, neavînd nici un fel de rezistenţă mecanică. Masa de diatomit care se întrebuinţează exclusiv la izolarea instalaţiilor, după uscare şi întărire devine foarte rezistentă la lovituri şi intemperii.

Cochiliile şi cărămizile sînt foarte sfărîmicioase, aşa că nu se pot transporta decît ambalate în lăzi, manipularea şi depozitarea făcîndu-se cu deosebită grijă.

Diatomitul nu putrezeşte şi nu propagă focul, de asemenea este foarte rezistent la variaţiile de temperatură. Suprafeţele de izolat nu sînt atacate de diatomit. De asemenea, nu atacă şi nu primejdueşte sănătatea lucrătorilor. Pînă în ultimii ani, diatomitul a fost materialul izolator cel mai răspîndit pentru izolarea instalaţiilor, fiind ieftin şi uşor de preparat, în special sub formă de masă. Întrebuinţarea acestui izolant prezintă dezavantajul că sub formă de praf este greu de întrebuinţat, necesitînd amenajări speciale şi costisitoare.

Sub formă de masă se întrebuinţează exclusiv la instalaţii în stare de funcţionare, care se pot încălzi. In sfîrşit, cărămizile şi cochiliile sînt scumpe, greu de manipulat şi de depozitat. Ele nu pot fi utilizate dacă nu sînt fabricate pe măsura conductelor şi aparatelor de izolat. Din cauza inconvenientelor menţionate mai sus, se tinde la înlocuirea materialelor izolatoare pe bază de diatomit, cu lînuri minerale.

Magnezia se fabrică din anumite roce care conţin substanţe minerale, în special carbonat de magneziu. Magnezia se amestecă cu fibre de azbest şi formează astfel o masă izolatoare asemănătoare cu masa de diatomit. Greutatea volumetrică a acestei mase este foarte mică şi anume 120—150 kg/m³. cînd este sub formă de praf — şi 250—300 kg/m³, după montare. Această greutate volumetrică mică se explică atît prin cantitatea mare de aer pe care o conţine masa, cît şi prin greutatea specifică mică a materialului de bază. Coeficientul de conductibilitate termică variază între 0,05—0,06 kcal/mh °C.

Temperatura maximă pînă la care se poate întrebuinţa acest izolant este de 300°C. Şi din magnezia se pot fabrica cărămizi şi cochilii asemănătoare cu cele de diatomit. Greutatea volumetrică a acestor materiale depinde de modul de fabricare, fiind cuprinsă între 200—300kg/m³. Coeficientul de conductibilitate termică este ceva mai defavorabil ca la masa izolatoare şi este cuprins între 0,055—0,7 kcal/mh °C.

Materiale izolatoare celulare. Unele materiale izolatoare corespund majorităţii condiţiilor cerute unui material izolator perfect, iar altele corespund într-o măsură mai mică. Nici unul dintre ele nu întruneşte toate condiţiile. S-a căutat a se fabrica materiale izolatoare, care să întrunească calităţile materialului izolant termic cel mai bun. Pentru aceasta s-au făcut o serie întreagă de operaţii, ca : introducerea aerului sub presiune, sau prin diferite substanţe chimice sau gaze, în interiorul unui material care este pe punctul de a se solidifica. Materialele izolatoare, astfel obţinute, s-au numit materiale izolante celulare. Cele mai însemnate dintre acestea sînt : betonul celular, sticla celulară, piatra ponce, materialele ceramice celurale şi răşinile celulare. Acestea nu se prea utilizează în centralele electrice şi de aceea, nu insistăm asupra lor.

Materiale izolante reflectante. Nu lasă să pătrundă în interiorul materialului căldura de radiaţie. Cel mai însemnat dintre acestea este alfolul. Ca izolant, se foloseşte aici aerul şi toată problema se reduce la micşorarea coeficientului de convecţie şi a transmiterii de căldură prin radiaţie, prin ecrane concentrice, cu foiţe de aluminiu.

Acest material format din foiţe de aluminiu se numeşte alfol ; acesta este impermiabil, nu putrezeşte nu arde şi împiedică propagarea focului. Se poate întrebuinţa pînă la 550°C fără pericol de deteriorare. Nu atacă suprafeţele de izolat şi nu primejduieşte sănătatea muncitorilor.

In tabelele 1 a şi 1 b se dau caracteristicile fiecăruia dintre aceste materiale izolante arătate.

D. Forma de folosire a materialului izolant

Materialele izolante termice se livrează sub forme foarte variate şi anume :

1. *Materiale de umplutură.* Sub această formă se întrebuinţează materialele izolante ale căror elemente componente sînt fără legătură între ele, sub formă de praf, de granule sau fibre. In această categorie intră următoarele : rumeguşul, talajul, granule de plută expandate, fibre de azbest, lînuri minerale, praf curat de diatomit, praful de magnezie, zgura de furnal înalt (praf de furnal înalt) şi altele.

2. *Mase sau mortare izolante.* Materialele izolatoare sub formă de praf, ca diatomitul sau magnezia se pot întrebuinţa cu mai multă uşurinţă, dacă se amestecă cu un liant (pămînt galben), cu material fibros (rumeguş, asbest, păr de animale) şi cu apă. Se formează o pastă lipicioasă izolantă, numită masă sau mortar izolant.

3. *Rogojini, saltele sau perne izolante.* Materialele izolatoare, constituite din fibre subţiri, opresc propagarea căldurii datorită celulelor de aer închise între fibre. Materialele izolatoare,

Tabela 1 a

Proprietăţile principalelor materiale termoizolante utilizate în centralele electrice

Materialul	Forma în care se prezintă	Limita de temperatură °C	Valori medii	
			Rezistenţa la compresiune kg/cm²	Greutatea specifică kg/cm³
Pluta	Grăunţi	120	—	30—50
	Coaje prefabricată	120	4—5	200—250
Bumlitizul	Plăci şi cochilii	100	—	160—250
Azbestul	Saltele Umplutură Şnur, rogojini	500	—	250—300
Sticla	Filamente ondulate	400	—	150
Vata de sticlă	Saltele, rogojini, şnur, cochilii	500	—	70—80
Lînă de zgură	Umplutură, saltele, rogojini	700	6—8	300
Vata de piatră	Umplutură, Saltele, Rogojini	600	—	80—100
Diatomitul	Calcinat	800	—	250
	Masă	500	—	400—450
	Coajă prefabricată arsă	800	15—25	600—700
	Cu fibre de azbest	800	2—3	325
Magnezia	Masă	250	—	200—250
Praf de furnal înalt	Indesat cu manta de tinichea	1000	6—8	400
Alfolul	Foiţe suprapuse în manta de tinichea	550	—	—

Tabela 1

Coeficientul de conductibilitate termică a principalelor materiale termoizolante utilizate în centralele electrice

Materialul	Forma în care se prezintă	Valori medii Conductibilitatea termică kcal/m h °C			
		0°	100°	200°	300°
Pluta	Grăunţi	0,03	0,045	—	—
	Coaje prefabricată	0,045	0,06	—	—
Bumlitizul	Plăci şi cochilii	0,05	0,07	—	—
Azbestul	Saltele, umplutură, şnur, rogojini, etc.	0,06	0,07	0,08	—
Sticla	Filamente ondulate	0,029	0,039	0,054	—
Vata de sticlă	Saltele, rogojini, şnur, cochilii	0,035	0,037	0,038	0,048
Lîna de zgură	Umplutură, saltele, rojini	Este în funcţie de materialul din care este fabricat			
Diatomitul	Calcinat	0,045	0,055	0,065	—
	Masă	0,06	0,067	0,074	—
	Coaje prefabricată arsă	0,098	0,11	0,123	0,135
	Cu fibre de azbest	0,048	0,055	0,062	0,069
Magnezia	Masă	0,035	0,045	0,055	—
Praf de furnal înalt	Indesat în manta de tinichea	0,042	0,048	0,054	0,059
Alfolul	Foiţe suprapuse în manta de tinichea	0,035	0,04	—	—

sub formă de praf sau granule, opresc trecerea căldurii, datorită aerului cuprins în interiorul granulelor. De aceea, materialele izolatoare, sub formă de praf sau granule, se pot strînge cu un liant, fără a pierde decît în mică măsură, din calităţile lor izolante. Materialele izolante fibroase, prin amestecare cu un liant pierd o parte din însuşirile lor izolante, deoarece liantul prin gonirea aerului, ocupă aproape tot spaţiul dintre fibre.

Din cele de mai sus, rezultă că nu se pot folosi ca masă izolantă decît materialele sub formă de praf sau granule.

Materialele izolatoare sub formă de fibre trebuie prelucrate în rogojini, saltele sau perne. Principalele materiale izolante care se folosesc sub această formă, sînt lînurile şi rareori fibrele textile şi azbestul.

4. *Şnur, ciorap şi fîşie izolatoare.* Materialele izolatoare, sub formă de fibră de care s-a vorbit la punctul precedent, se întrebuinţează adesea şi sub formă de şnur, ciorap şi fîşii izolatoare.

Şnurul se fabrică de obicei numai din material izolant cu fibre lungi. Aceste fibre sînt toarse în aşa fel, ca şnurul să nu se rupă. Din materialul izolant cu fibre scurte nu se poate fabrica şnur, de aceea se fabrică întîi o împletitură de sfoară sau sîrmă subţire (izofix), avînd forma unui ciorap foarte lung, care apoi se umple cu material izolant.

Şnurul sau ciorapul izolant se fabrică cu maşini speciale. Fabricarea fîşiilor izolatoare este cu mult mai uşoară. Ele sînt foarte asemănătoare rogojinilor izolatoare. Materialul izolant este fixat prin cusut pe carton ondulat, rabiţ, etc., de 5—10 cm lăţime şi 3—5 cm lungime. Uneori,

în cazul cînd nu sînt fîşii gata fabricate, se pot tăia fîşiile din rogojini izolatoare, dacă acestea sînt cusute des şi cu noduri care să împiedice deşirarea cusăturii tăiate. Principalele materiale izolante termice, care se întrebuinţează sub formă de şnur sînt: vata de sticlă, vata de piatră şi azbestul. Sub formă de ciorap izolator se întrebuinţează toate lînurile minerale şi azbestul. Lînurile minerale şi azbestul se mai întrebuinţează şi sub formă de fîşii izolatoare.

5. *Plăci, cărămizi şi cochilii izolatoare.* Desigur, cel mai comod procedeu de executarea lucrărilor de izolări termice este de a întrebuinţa materialul izolant gata fabricat. Cel mai uşor se execută lucrările cu cochilii, cărămizi şi plăci izolatoare. Acestea se pot fabrica din materiale izolante sub formă de praf, granule sau fibre, care se leagă cu un liant. Ca exemplu, dăm cărămizile şi cochiliile diatomice sau magnezitice, plăcile şi cochiliile de plută. Uneori, materialul izolator se fabrică direct sub această formă, fără a mai trece prin stadiul de praf, granule sau fibre.

6. *Materiale în foi subţiri.* Lucrările de izolaţii cu materiale reflectante se execută cu totul diferit de celelalte lucrări de izolaţii termice. Principalul material este alfolul.

E. Modul de execuţie a izolaţiei

1. *Izolarea conductelor.* Izolarea conductelor se poate executa cu mase izolatoare, cu rogojini sau saltele izolatoare, cu şnur, cochilii, segmenţi sau cărămizi izolante. Materialul izolant fiind în general un material fragil, trebuie să fie neapărat ferit de lovituri şi atunci cînd este cazul, de intemperii. Masa izolatoare este singurul material suficient de rezistent, pentru a nu fi nevoie să fie ferit de lovituri. Celelalte materiale trebuie acoperite cu o tencuială de protecţie. Tencuiala de protecţie se execută în general dintr-un amestec de ipsos, clei şi rumeguş. La o suprafaţă tencuită de 1 m² se întrebuinţează de obicei 12 kg ipsos, 0,1 kg clei şi 2 kg rumeguş. Grosimea tencuielii este aproximativ de 1 cm. In acest caz, ipsosul trebuie să fie de cea mai bună calitate, măcinat foarte fin, să nu se întărească repede şi să fie curat. Cleiul are de scop să întîrzie întărirea ipsosului şi să mărească rezistenţa tencuielii. Rumeguşul înlocuieşte nisipul din mortarele obişnuite. El are rolul de a uşura tencuiala şi într-o oarecare măsură, de a o împiedica să crape la variaţiile de temperatură.

Tencuiala de ipsos se execută amestecîndu-se, în proporţia indicată mai sus, ipsos cu rumeguş, cu clei topit şi cu apă, pînă ce se formează un mortar sub formă de pastă. Se aplică apoi un strat de mortar peste izolaţie, numit strat de bază sau grund.

Se caută ca acest strat să fie întins cît mai egal. După ce s-a uscat, se mai aplică un strat, care se îndreaptă cu linia sau cu dreptarul. Dacă conducta urmează să fie învelită după izolare cu carton asfaltat sau tencuială, se păstrează tencuiala brută. Dacă izolaţia se vopseşte atunci trebuie ca peste tencuiala brută să se dea un strat subţire de ipsos cernut cu sită fină şi amestecat cu apă. Acesta se aplică cu o bucată de cauciuc. In timp ce tencuiala brută este aspră din cauza firicelelor de rumeguş prinse în ea, tencuiala aceasta este netedă.

După ce tencuiala s-a uscat bine, aceasta se vopseşte cu două sau trei straturi de vopsea de ulei vegetal. Pentru conductele de abur cu temperatură ridicată, se foloseşte vopsea specială rezistentă la căldură; în caz contrar, aceasta se băşică şi se cojeşte.

Executarea tencuielii de ipsos la conducte se poate face cu multă uşurinţă cu ajutorul unor forme de tablă galvanizată, perfect calibrate, corespunzătoare diametrelor de conducte şi grosimilor de izolaţie uzuale. Aceste forme se montează în jurul conductei, după ce în prealabil a fost aplicat stratul izolant. Intre forma de tablă şi stratul izolant rămîne un spaţiu de 5—10 mm menţinut constant cu ajutorul unor distanţiere metalice. După această operaţie se umple forma cu mortar de ipsos fluid, care se întăreşte foarte repede, permiţînd demontarea formei şi întrebuinţarea ei în altă parte. Datorită folosirii formelor, se obţine o tencuială dreaptă şi uniformă, care nu mai trebuie să fie retuşată decît pe alocuri.

Folosirea formelor pentru efectuarea tencuielilor are avantajul că lucrarea se execută repede şi uşor, cu muncitori necalificaţi şi se face economie de materiale, grosimea tencuielii fiind mai mică şi ne mai fiind necesar adaosul de clei. Dezavantajele acestei metode constă în faptul că nu poate fi folosită decît la conducte drepte.

Pe de altă parte, tencuiala de ipsos fiind o tencuială neelastică, are tendinţa de a crăpa la diferenţe de temperatură. Pentru a se evita acest pericol, se poate lua una din următoarele măsuri:

Se întrerupe din loc în loc tencuiala, fără a întrerupe însă şi stratul izolator, dînd astfel posibilitatea tencuielii de a se dilata şi contracta în voie. Aceste întreruperi se numesc rosturi de dilataţie. Rosturile de dilataţie se fac de 1 pînă la 2 mm lăţime. Distanţa între rosturi variază după felul de funcţionare a instalaţiei; astfel, rosturile se fac mai dese (la 5—8 m distanţă) cînd instalaţia lucrează la temperaturi înalte sau cu schimbări dese de temperatură şi mai rare (la 10—15 m) în celelalte cazuri. Este recomandabil de a se aşeza rosturile de dilataţie în dreptul pieselor de susţinere ale conductelor. Felul cel mai simplu de a executa aceste rosturi este de a le tăia cu ferestrăul în tencuiala executată fără rosturi.

Se bandajează tencuiala pentru a preveni ivirea crăpăturilor. După ce s-a aplicat peste stratul de bază al doilea strat de tencuială şi înainte de a linia, se înfăşoară strîns peste izolaţie o bandă de aproximativ 10 cm lăţime de tifon, cînepă sau ţesătură rară. Bandajul fiind înfăşurat strîns, prin ochiurile lui musteşte mortarul de ipsos, aşa că după bandajare se poate linia în bune condiţii mortarul peste

bandaj. Bandajul formează un fel de armătură în tencuială şi împiedică formarea crăpăturilor. In cazul conductelor ce lucrează la temperaturi mijlocii (10—200°C) nu se izolează decît conducta propriu zisă. In acest caz nu se izolează flanşele, ventilele, pentru a fi mai uşor accesibile şi pentru că pierderile de căldură ale pieselor rămase neizolate sînt mici. Din această cauză se întrerupe

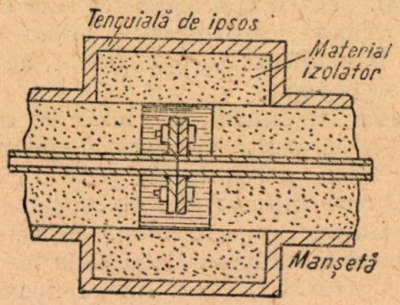


Fig. 1.

izolaţia pe ambele feţe ale flanşelor sau ale ventilelor. La întreruperi, capul izolaţiei trebuie fie bine tencuit. La marginea întreruperilor, pentru ca muchia tencuielilor să nu se ştirbească, se fixează de jur—împrejurul izolaţiei o fîşie ingustă de tablă numită manşetă, făcută din tablă galvanizată sau neagră de 0,3—0,5 mm grosime. Lăţimea manşetei este de 3 cm şi se fixează in sîrmă. Se mai folosesc manşete şi la marcarea rosturilor de dilataţie. In acest caz manşeta se fixează cu o singură legătură de sîrmă pe una din buzele rostului de dilataţie, în aşa fel ca cealaltă buză să se poată mişca în voie. La instalaţii de temperaturi înalte peste 200°C, se izolează toate piesele.

2. *Izolarea flanşelor* se face întrerupîndu-se izolaţia conductei de o parte şi de alta a flanşei. Dacă buza flanşei rămîne sub nivelul izolaţiei, se fixează un nou strat de izolaţie care se sprijină pe cele două margini ale izolaţiei conductei, formînd un fel de punte (fig.1).

Izolaţia flanşei trebuie să vină peste cea a conductei pe o distanţă egală cu cel puţin grosimea izolaţiei. In cazul în care buza flanşei se

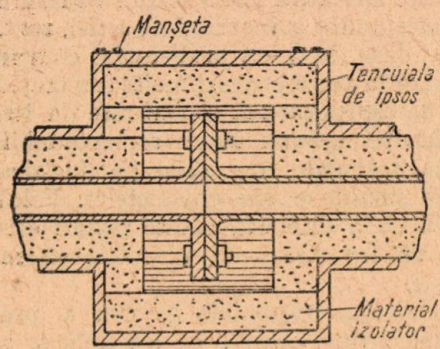


Fig. 2.

află mai sus de marginea izolaţiei, se înalţă izolaţia pînă ce ajunge la nivelul buzelor flanşei pe o lungime cel puţin egală cu grosimea izolaţiei, apoi se fixează izolaţia flanşei. După aceea, la marginea izolaţiei flanşei se fixează manşeta pentru apărarea muchiilor (fig.2).

Atunci cînd suprafaţa tencuită este mare (la conducte foarte groase sau aparate) este recomandabil ca tencuiala de ipsos să fie armată cu rabiţ. Acesta se aplică între stratul de bază şi stratul al doilea. Tencuiela armată cu rabiţ nu mai trebuie bandajată.

La izolarea aparatelor, din cauza dimensiunilor mari, materialul izolant se fixează greu şi nesigur prin simpla legare cu sîrmă în jurul aparatului. De aceea, este necesar de a se fixa de aparat nişte piese de care se fixează izolaţia (cîte o dată şi a mantalei de tablă), numite auxiliare. Auxiliarele mai au rolul de a mărgini şi a apăra marginile izolaţiei acolo unde ea este întreruptă. Auxiliarele sînt făcute din platbandă de oţel, avînd lăţimea ceva mai mică decît grosimea izolaţiei (fig.3).

După o prealabilă ajustare, ele se fixează pe muchiile aparatului prin puncte de sudură. In apropierea celeilalte margini a platbandei se dau găuri la 15—20 cm distanţă. Prin aceste

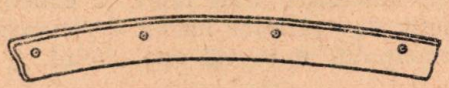


Fig. 3.

găuri vor trece sîrmele de fixare a izolaţiei. In lipsa platbandei, se pot confecţiona auxiliare de profil sau din bare rotunde, aşezate pe picioruşe sudate din loc în loc (fig.4).

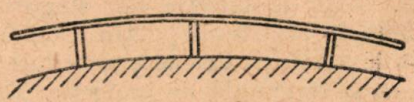


Fig. 4.

Auxiliarele trebuie lucrate şi montate cu foarte mare grijă, deoarece orice imperfecţiune a lor se răsfrînge asupra soliditătii sau aspectului izolaţiei. Trebuie prevăzute auxiliare la muchiile

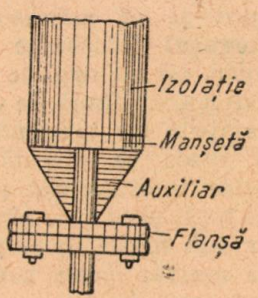


Fig. 5.

aparatelor, în jurul porţiunilor ce rămîn neizolate sau vor fi izolate cu izolaţie demontabilă (nituri, guri de vizitare, etc), sau chiar în lungul unui aparat, cînd distanţa între două auxiliare

vecine, montate după criteriile de mai sus, este prea mare. Înălţimea auxiliarelor trebuie să fie ceva mai mică decît grosimea izolaţiei, pentru a fi acoperite de aceasta. Sînt cazuri în care este nevoie de auxiliare şi la conducte. Astfel, la conductele verticale, izolaţia are tendinţa de a cădea în lungul conductei, ocupînd locul rămas liber din vecinătatea flanşelor. De aceea, se sudează pe conducte, imediat deasupra flanşelor, nişte triunghiuri mici de tablă aşezate cu vîrful în jos, pe care se pot sprijini elementele de izolaţie pentru a nu aluneca spre flanşă (fig.5)

Auxiliarele se confecţionează şi se montează de instalator după indicaţiile date de muncitori care execută izolaţia termică.

F. Mijloace de protejare a suprafeţei izolaţiei

1. *Invelirea cu carton asfaltat a izolaţiei la instalaţii.* Dacă instalaţia este supusă umezelii (subsoluri umede, în pămînt etc.) sau intempe-

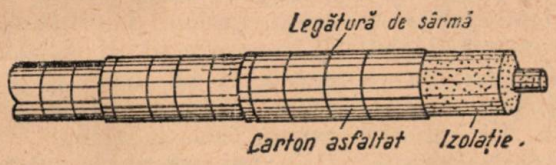


Fig. 6.

riilor, aceasta trebuie ferită de apă şi umezeală. In acest caz, se renunţă la vopsirea ei şi se acoperă cu carton asfaltat. Pentru conducte, cartonul asfaltat se taie în fîşii de 1 m lungime şi de o lăţime suficientă pentru a putea cuprinde întreg diametrul conductei, astfel ca marginile să se poată suprapune pe o lăţime de cel puţin 5 cm (fig.6).

Suprapunerea cartonului trebuie făcută pe partea laterală a izolaţiei şi puţin dedesubt, pentru a nu putea pătrunde prin ea apa de ploaie sau zăpada. Cartonul se fixează pe izolaţia conductei, legîndu-se strîns cu sîrmă galvanizată. Distanţa dintre legăturile de sîrmă nu trebuie să treacă de 20 cm. In lungul conductei, fiecare fîşie de carton asfaltat trebuie să se suprapună peste cea montată înaintea ei pe o lungime de cel puţin 10 cm.

Peste fiecare suprapunere se face o legătură de sîrmă. In cazul în care conducta nu este orizontală, se va începe montarea cartonului asfaltat dinspre partea inferioară a conductei, astfel ca fîşiile de carton să fie aşezate ca olanele de case, iar apa care eventual s-ar scurge de-a lungul conductei, să nu poată pătrunde sub carton.

In cazul conductelor cotite, montarea cartonului asfaltat se face mai greu. Cartonul se taie în fîşii cu 5 cm mai lungi decît circonferinţa izolaţiei, astfel ca să cuprindă izolaţia, suprapunîndu-şi capetele pe o lungime de cel puţin 5 cm.

In fig.7 se indică felul de îmbinare a cartonului asfaltat în cazul conductelor cotite.

Lăţimea acestor fîşii este inegală fiind mai îngustă la capete şi mai lată aproape de mijloc. Fîşiile se montează cu partea cea mai lată către exteriorul cotului conductei şi se leagă cu cel

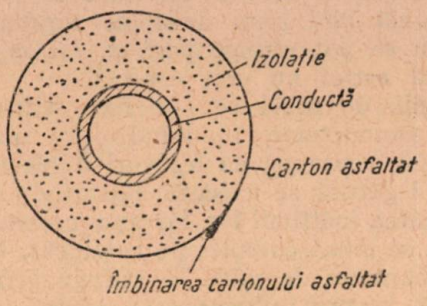


Fig. 7.

puţin două legături de sîrmă, cîte unul deasupra fiecărei îmbinări (fig.8 şi 9).

De obicei, izolaţia aparatelor nu se acoperă cu carton asfaltat, ci cu o manta protectoare de tablă. Legăturile de sîrmă trebuie făcute ca şi la conducte, atît în jurul aparatelor cît şi în lungul lor, formînd astfel o reţea de sîrmă.

Pentru a feri mai bine izolaţia de umezeală este bine ca marginele suprapuse ale cartonului asfaltat să se lipească cu bitum fierbinte sau cu vopsea bituminoasă.

2. *Acoperirea cu tablă a izolaţiei.* Pentru a feri izolaţia instalaţiilor industriale de degradări pricinuite de lovituri sau de intemperii, se recomandă îmbrăcarea izolaţiei conductei cu o

Fig. 8.

manta protectoare de tablă de oţel. Tabla cea mai indicată este cea galvanizată pentru că nu ruginește, nu trebuie vopsită şi are aspect frumos. Se poate întrebuinţa însă şi tabla neagră,

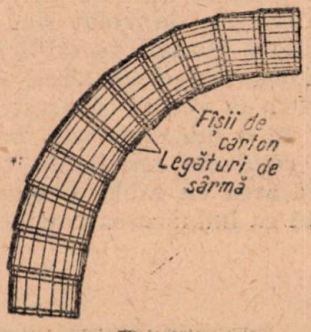


Fig. 9.

cu condiţia de a fi vopsită. Grosimile cele mai indicate sînt 0,35—0,75 mm, după mărimea conductelor.

Conductele se pot acoperi cu tablă în mai multe feluri:

a) Se taie fîşii din tablă lungi de 1 m şi late atît cît este necesar să cuprindă izolaţia conductei, petrecîndu-se cu 3 —5 cm şi se montează aşa cum s-a arătat la acoperirea conductelor cu carton asfaltat, legîndu-se cu sîrmă

galvanizată. Coturile se execută şi ele în clinuri, la fel ca şi la cartonul asfaltat.

Acest fel de a executa mantaua de protecţie nu este cel mai bun, deoarece suprapunerile tablei nu se pot strînge perfect, iar montarea executată astfel nu este estetică.

b) Fîşiile de tablă se pot fixa strîns peste izolaţia conductelor, îmbinîndu-li-se marginile din lungul conductei cu legături duble îndoite. Această legătură se execută alăturîndu-se apoi la jumătatea înălţimii lor, iar apoi creasta astfel formată, se culcă complet pe conductă. In felul acesta mantaua de tablă se strînge perfect pe conductă, iar prin îmbinare este oprită intrarea apei. De-a lungul conductei, îmbinările dintre diferitele fîşii de tablă pot fi lăsate simple suprapuse sau se pot executa îndoite. In acest din urmă caz, operaţia este destul de anevoioasă, deoarece marginea tablei trebuie crestată pentru a se putea îndoi. De aceea, se obişnuieşte ca îmbinările între două bucăţi de tablă vecine să se facă prin simplă suprapunere. Pentru a împiedica intrarea apei, se imprimă pe marginea fiecăreia dintre table un şănţuleţ. La întreruperile izolaţiei (la flanşe, ventile, etc.) se întrerupe şi mantaua de tablă. Pentru ca izolaţia să nu rămînă descoperită la capăt, se confecţionează din fîşii de tablă egală cu circonferinţa, nişte rozete prin ondularea uneia dintre margini. Rozeta trebuie îmbinată bine şi cu îngrijire, împreună cu mantaua de tablă.

c) Uneori izolaţia conductelor şi mai ales a flanşelor trebuie să poată fi demontată cu uşurinţă. Acest lucru este necesar în special la conductele de abur de înaltă presiune, pentru a se verifica dacă flanşele şi conductele nu pierd abur. In acest scop se confecţionează din tablă de oţel un fel de cochilii, cărora le lipseşte faţa interioară. Aceste cochilii se leagă două cîte două cu balamale, se umplu cu material izolator şi se montează pe conductă, închizîndu-se şi strîngîndu-se prin anumite sisteme de prindere. In cazul în care flanşele de izolat sînt prea mari, se pot confecţiona cochilii de tablă de oţel din 3 sau 4 bucăţi, legate unele de altele cu balamale. Trebuie să avem în vedere ca aceste cochilii să fie executate cu o mare precizie, pentru a cuprinde exact conducta sau flanşa care trebuie izolată. Imbrăcarea cu tablă a aparatelor este şi mai delicată ca îmbrăcarea conductelor. Aparatele fiind de dimensiuni mari şi avînd forme complicate, croirea bucăţilor de tablă cere foarte multă pricepere, iar montarea şi strîngerea tablei pe aparat este adesea destul de grea. Cînd îmbinarea tablelor se poate face după o linie dreaptă, ea se execută totdeauna cu legături duble îndoite. In celelalte cazuri, îmbinarea se poate face prin suprapunere sau prin dublă îndoire. Cînd aparatele sînt mari, nu este suficientă strîngerea foilor de tablă prin dublă îndoire, ci este necesar ca mantaua să fie strînsă cu nişte cercuri din benzi de oţel. Aceste cercuri cuprind aparatul şi foile de tablă cum cuprind cercurile de fier doagele butoaielor. Ele se strîng cu un aparat ce se aseamănă cu un cleşte foarte mare, numit ciclop. De obicei, se pun patru cercuri pe metru liniar. Unele părţi din suprafaţa aparatelor trebuie să aibă izolaţia demontabilă, de pildă nituirile, care trebuie să fie vizitate din cînd în cînd pentru a vedea dacă una din ele, slăbindu-se nu lasă să iasă abur. De asemenea, izolaţia şi mantaua de tablă trebuie să fie demontabile deasupra gurilor de vizitare. Este recomandabil ca în aceste locuri izolaţia să se fixeze nu pe aparat, ci pe mantaua de tablă, pentru a se putea demonta ambele deodată. Din această cauză, izolaţia trebuie să fie uşoară şi elastică. Cele mai indicate în aceste cazuri, sînt saltelele şi rogojinile de lînă minerală. Forma şi felul de fixare al mantalei de tablă se schimbă de la caz la caz, adaptîndu-se la fiecare caz în parte. De obicei, fixarea mantalei demontabile se face cu şuruburi prinse de mantaua fixă. Invelirea izolaţiei cu tablă cere multă experienţă şi pricepere şi ca atare, trebuie încredinţată unor muncitori verificaţi.

Bibliografie

[1] *Kameneschi S. P.*: Izolarea termică în industrie, Goslitstroizdat, Moscova, 1950.

[2] *Miklosi C.*: Curs centrale electrice, Timişoara, 1951.

[3] *Mihеev M. A.*: Bazele transmiterii căldurii. Edit. Energetică de Stat, 1953.

[4] Comitetul de Stat pentru Tehnică: Extrase din Revista Sovietică „Zbornic Rucovodiascih materialov", Nr.7/951, pag. 35.

[5] *Kitaigorodschi I. I.*: Tehnologia sticlei, Moscova, 1951, pag. 121.

[6] *Goreanov* şi *Volcioc*: Cercetări — Materiale termoizolante, Goslitstroizdat, Moscova, 1951, pag. 30.

★

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПОВСЕДНЕВНО ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

Резюме

Указываются теоретические соображения по выбору изоляционных материалов. Дается описание органических и неорганических термических материалов, используемых на теплоэлектрических станциях, даются 2 таблицы содержащие главные свойства изоляционных материалов и указывается как производится изоляция трубопроводов и аппаратов.

PROTECŢIA INSTALAŢIILOR ELECTRICE DE JOASĂ TENSIUNE IMPOTRIVA SUPRATENSIUNILOR ATMOSFERICE

Ing. GLEB DRĂGAN

Se expun principiile generale de protecţie a instalaţiilor electrice de joasă tensiune de diferite categorii împotriva supratensiunilor atmosferice, împotriva undelor de supratensiune ce se propagă pe liniile aeriene precum şi împotriva loviturilor directe ale trăsnetului. Se arată valoarea rezistenţei prizei de pămînt şi funcţia de categoria instalaţiei.

Supratensiunile atmosferice sînt deosebit de primejdioase pentru instalaţiile electrice de joasă tensiune, în primul rînd în cazul loviturilor directe ale trăsnetului.

In cazul instalaţiilor de joasă tensiune, pe lîngă avarii şi deteriorări de materiale, supratensiunile pot provoca în anumite cazuri, victime omeneşti. Literatura indică cazuri relativ dese, cînd accidentarea persoanelor a avut loc chiar atunci cînd distanţa persoanei accidentate pînă la instalaţia electrică era de peste 1 m, uneori 2—3 m, ceea ce duce la concluzia că supratentensiunile ce au pătruns în imobile erau de ordinul pînă la 1500—2000 kV [1].

In ţara noastră, instalaţiile electrice de joasă tensiune sînt, practic, neprotejate împotriva supratensiunilor atmosferice, din care cauză, avariile produse de aceste supratensiuni sînt relativ numeroase. Astfel, după datele statistice culese pe o perioadă de 10 ani, perturbaţiile constatate în reţelele de joasă tensiune ale unui sistem energetic, reprezintă circa 32% din totalul perturbaţiilor provocate de supratensiunile atmosferice. Deoarece unele perturbaţii din instalaţiile de joasă tensiune au dat naştere la mai multe avarii numărul total de avarii în instalaţiile de joasă tensiune este cu 13% mai mare decît numărul perturbaţiilor [2].

Avariile constatate se repartizează după cum urmează :

Stîlpi trăsniţi	1%
Contori distruşi	51%
Separatori de tip exteriori distruşi	23%
Intrerupătoare automate distruse	6%
Motoare arse	6%
Diverse aparate distruse	13%

Din aceste toate, rezultă că în primul rînd au avut de suferit contorii electrici (61% din numărul total al avariilor), precum şi separatorii de tip exterior.

In ceea ce priveşte numărul total al perturbaţiilor, el este deosebit de mare, ceea ce se explică prin faptul că regiunea se caracterizează prin manifestări electroatmosferice destul de dese, cît şi din cauză că instalaţiile nu sînt protejate contra supratensiunilor atmosferice ; astfel, în anul 1951, care s-a caracterizat printr-un indice keraunic ridicat (ega cu 44), s-au constatat 110 perturbaţii în instalaţiile electrice de joasă tensiune. Cele mai multe avarii în instalaţiile de joasă tensiune se constată în lunile iunie şi iulie, după cum se vede în fig.1, ceea ce este explicabil. Aceste date, chiar dacă nu sînt suficient de sigure, duc la concluzia că avariile constatate în instalaţiile electrice de joasă tensiune sînt deosebit de numeroase şi cu toate că importanţa acestor avarii nu este atît de mare ca în cazul instalaţiilor de înaltă tensiune, se pune problema protecţiei instalaţiilor de joasă tensiune împotriva supratensiunilor atmosferice.

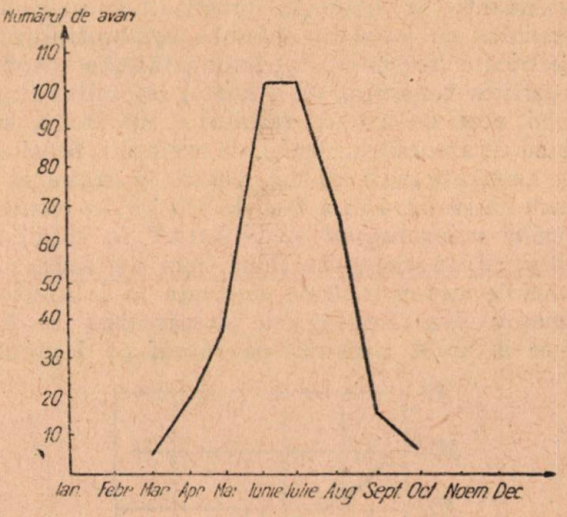


Fig. 1

1. Principiile protecţiei instalaţiilor de joasă tensiune împotriva supratensiunilor atmosferice

Supratensiunile atmosferice ce apar în reţelele electrice de joasă tensiue se datoresc fie loviturilor directe ale trăsnetului, fie supratensiunilor induse. In general, se poate considera că supratensiunile atmosferice de pe liniile de joasă tensiune, ce depăşesc valoarea de 50 kV, sînt produse de loviturile directe ale trăsnetului [3].

In cazul liniilor electrice de joasă tensiune, problema protecţiei contra supratensiunilor

atmosferice prezintă unele particularităţi faţă de liniile de înaltă tensiune.

După cum se ştie, liniile de joasă tensiune sînt construite în mod obişnuit pe suporţi de lemn.

Rezistenţa la impuls a lemnului depinde atît de gradul de umiditate şi în primul rînd de umiditatea superficială, cît şi de faptul dacă este

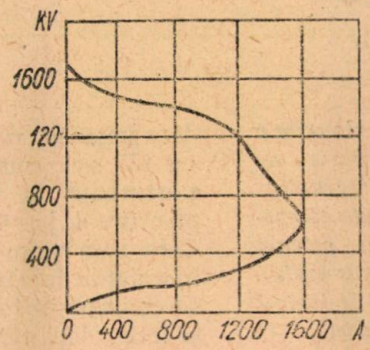


Fig. 2

impregnat sau nu cu o soluţie antiseptică. Experienţele efectuate în această direcţie de M. Necrasov [4,5] au dus la o serie de concluzii interesante şi utile în practică. Impregnarea lemnului cu creozot măreşte conductibilitatea electrică a acestuia, dar îmbunătăţeşte totodată repartiţia tensiunii de-a lungul lemnului suportului, ceea ce are ca rezultat o mărire a tensiunii de amorsare. Astfel, de exemplu, tensiunea de amorsare sub ploaie, pentru o traversă de lemn lungă de 4 m a fost de 540 kV în cazul lemnului neimpregnat şi de 900 kV în cazul impregnării cu creozot. După cum au arătat încercările experimentale efectuate în laboratorul Smorov din Leningrad, descărcarea se produce în mod obişnuit pe suprafaţa lemnului,

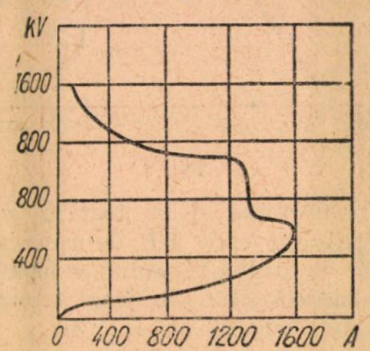


Fig. 3

iar intensitatea curentului (de 1600—1700 A) nu depinde practic de natura lemnului sau de faptul că lemnul este impregnat sau nu. In fig. 2 se dă caracteristica volt — amper pentru un stîlp neimpregnat avînd lungimea de 6,25 m, iar în figura 3, în cazul unui stîlp impregnat (lungimea fiind numai de 4,75 m). In ambele cazuri, tensiunea de amorsare era aceeaşi (U_a= 1725 kV). Tensiunea de stingere este de 40 — 45 kV în cazul stîlpului neimpregnat şi de 75 kV în cazul stîlpului creozotat. O caracteristică specifică lemnului impregnat constă în faptul că înainte de a se produce amorsarea, pe suprafaţa lemnului trece un curent destul de mare. Din fig. 4, care dă caracteristica volt — amper a curentului ce ia naştere înaintea amorsării, rezultă că dependenţa dintre curent şi tensiunea este liniară şi că intensitatea curentului atinge valori deosebit de mari.

Liniile de joasă tensiune fiind construite, după cum s-a menţionat, pe suporţi de lemn, din cele de mai sus rezultă că în funcţie de înălţimea suportului, de gradul său de umiditate, ca şi de faptul dacă lemnul este impregnat sau nu, tensiunea de amorsare a unui arc între conductori şi pămînt, în cazul unei supratensiuni atmosferice, variază în limite destul de largi; în cazurile cele mai favorabile, valoarea acestei tensiuni nu coboară sub 1500 kV, putînd atinge valori şi de 2500 kV, ceea ce explică valorile deosebit de ridicate ale supratensiunilor ce au pătruns în imobile, în cazul cînd liniile nu erau protejate, precum şi avariile deosebit de grave ce s-au constatat în anumite cazuri.

In cazul suporţilor de lemn creozotat, prezintă o deosebită importanţă problema curenţilor de scurgere, care ar putea provoca în anumite condiţii, aprinderea suportului.

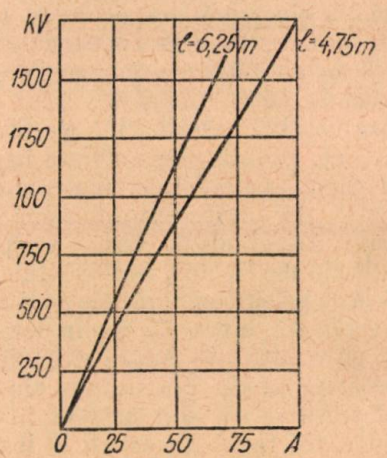


Fig. 4

Izolaţia de linie fiind mai redusă ca la liniile de înaltă tensiune, străpungerea sau conturnarea izolatorilor liniilor de joasă tensiune are loc pentru tensiuni cu mult mai reduse, fapt ce se utilizează în cadrul mijloacelor de protecţie împotriva supratensiunilor atmosferice.

Totodată, spre deosebire de liniile de înaltă tensiune, probabilitatea transformării arcurilor de impuls în arcuri de frecvenţă industrială este cu totul redusă şi în concluzie, nu vor apare arcuri întreţinute, nefiind necesar un sistem de protecţie în acest sens.

Ca şi în cazul liniilor de înaltă tensiune pe suporţi de lemn şi neprevăzuţi cu conductori de protecţie, loviturile de trăsnet pe liniile de joasă tensiune pot da naştere la despicarea lemnului suportului liniei, ceea ce în general nu duce la întreruperea funcţionării liniei, dar grăbeşte putrezirea suportului.

In general, probabilitatea căderii trăsnetelor pe liniile electrice aeriene de joasă tensiune este mai mică decît pe liniile de înaltă tensiune, atît din cauză că liniile de joasă tensiune sînt de înălţime mai redusă, cît şi pentru că adesea aceste linii sînt ecranate. In baza unor date statistice numeroase, V. Burgsdorf [12] a ajuns la concluzia că numărul de lovituri de trăsnet ce cad pe o linie, considerînd o linie cu o lungime de 100 m şi pentru un indice keraunic egal cu 20, este dat de relaţia $N = 1{,}2\ h$ unde h este înălţimea liniei deasupra solului, în m ; în consecinţă, în cazul liniilor de joasă tensiune neecranate, probabilitatea căderii trăsnetelor pe aceste linii reprezintă doar 50—70% din probabilitatea loviri de către trăsnet a liniilor de înaltă tensiune.

In afară de aceste consideraţii, este necesar a se menţiona următoarea situaţie. Reţelele de joasă tensiune sînt de obicei arborescente. O undă de supratensiune produsă de o lovitură directă a trăsnetului sau prin inducţie electrostatică sau electromagnetică, se va divide în punctele de derivaţie după legile cunoscute. Ajungînd în punctul de alimentare, se va reflecta în funcţie de raportul impedanţelor de undă a celor două circuite. In punctele de derivaţie are loc o nouă divizare şi reflectare a undei. Fenomenul capătă în acest mod un aspect oscilant, care poate da naştere în anumite condiţii, la amplificarea valorii iniţiale a undei de supra tensiune.

In mod practic, nu se pune problema protecţiei reţelelor aeriene de joasă tensiune din oraşe, deoarece aceste reţele fiind ecranate de către clădiri, probabilitatea ivirii unor supratensiuni pe aceste linii este extrem de redusă.

Din cele de mai sus rezultă că la stabilirea principiilor privind protecţia împotriva supratensiunilor atmosferice, este necesar să se ia în considerare caracteristicele speciale ale protecţiei reţelelor de joasă tensiune, faţă de reţelele de înaltă tensiune şi anume [1] :

a) populaţia vine în contact direct cu reţelele de joasă tensiune ;

b) personalul de exploatare are o pregătire mai slabă ;

c) costul redus al instalaţiei, ceea ce nu permite adoptarea unei protecţiei prea costisitoare ;

d) importanţa consumatorilor alimentaţi este mult mai redusă ;

e) liniile de joasă tensiune sînt în mod obişnuit pe suporţi din lemn ;

f) izolaţia de linie este mai slabă ;

g) posibilitatea ecranării liniilor de joasă tensiune de către clădiri sau arbori ;

h) posibilitatea redusă ca arcurile de impuls să se transforme în arcuri de frecvenţă industrială.

Ca şi în cazul instalaţiilor electrice de înaltă tensiune, sistemul de protecţie al instalaţiilor de joasă tensiune depinde de importanţa instalaţiei sau a clădirii protejate.

Din punct de vedere al protecţiei contra supratensiunilor atmosferice, instalaţiile şi clădirile se împart în trei categorii [6]

a) In prima categorie intră clădirile şi instalaţiile în care se găsesc materiale explosive, se păstrează sau se produce amestec de gaze, aburi şi praf cu aer, care pot să dea naştere la explozii urmate de distrugeri sau victeme omeneşti (clădirile în care se păstrează nitroglicerină, trotil, eter, praf de puşcă negru sau fără fum, etc).

b) Din a doua categorie fac parte clădirile sau instalaţiile în care se găsesc materiale explozive, se păstrează sau se produce amestec de gaze, care să poată da naştere la explozii ce nu sînt urmate de distrugeri importante sau victime omeneşti. Intră în această categorie clădirile ce păstrează materiale explozive în cantităţi mai mari, dar ermetic ambalate, depozitele de materiale uşor inflamabile, (celuloid, pelicule de film, etc.), sau clădirile şi instalaţiile în care se produc se folosesc sau se păstrează : benzina, benzol, toluol, amoniac, spirt, sulf, etc.

c) Din categoria a treia fac parte imobilele locuite, instituţiile, grajdurile sau fermele de vite, ca şi întreprinderile metalurgice, întreprinderile de prelucrarea lemnului, etc.

După natura supratensiunilor atmosferice se prevăd următoarele sisteme de protecţie :

a) Protecţia împotriva undelor de supratensiune provocate de loviturile directe ale trăsnetului pe liniile electrice aeriene de joasă tensiune, care alimentează instalaţia sau clădirea de protejat ;

b) Protecţia împotriva supratensiunilor induse ;

c) Protecţia împotriva loviturilor directe ale trăsnetului în instalaţia sau clădirea de protejat.

Se înţelege că protecţia clădirilor sau instalaţiilor din categoria întîia şi a doua va fi mult mai completă ca cea în cazul clădirilor sau instalaţiilor de categoria a treia.

Este necesar să se menţioneze că indicaţiile din literatura de specialitate asupra acestei probleme sînt relativ puţine, mai ales în ceea ce priveşte protecţia clădirilor şi instalaţiilor de categoria întîia şi a doua, iar în cazul clădirilor şi instalaţiilor de categoria a treia [6], principiile generale de protecţie împotriva supratensiunilor atmosferice diferă destul de mult.

In cele ce urmează se vor expune mijloacele de protecţie contra supratensiunilor atmosferice ce se recomandă a se adopta în fiecare caz în parte. Deoarece majoritatea instalaţiilor şi a clădirilor sînt din punct de vedere al supratensiunilor atmosferice de categoria a treia, se va insista în primul rînd asupra protecţiei acestor instalaţii, tratîndu-se mult mai sumar protecţia instalaţiilor şi clădirilor de categoria a doua şi a treia [6].

2. Protecţia împotriva undelor de supratensiune ce se propagă pe liniile electrice aeriene

Mijloacele de protecţie împotriva undelor de supratensiune ce se propagă pe liniile electrice aeriene sînt următoarele [6] :

a) montarea descărcătorilor în dreptul instalaţiei sau a clădirii de protejat ;

b) montarea intervalelor de protecţie pe suportul de derivaţie;

c) montarea condensatorilor de protecţie la intrarea liniilor în imobil sau în interiorul imobilului;

d) ecranarea liniei electrice aeriene de alimentare cu ajutorul paratrăsnetelor verticale;

e) alimentarea instalaţiei electrice sau a clădirii de protejat prin intermediul unui cablu.

După categoria instalaţiei sau a clădirii de protejat se alege o protecţie mai mult sau mai puţin completă. Alegerea sistemului de protecţie depinde de asemenea şi de intensitatea şi frecvenţa manifestărilor atmosferice din regunea respectivă. Din acest punct de vedere se poate considera că o regiune se caracterizează prin supratensiuni atmosferice intense şi frecvente în cazul cînd pentru o reţea de înaltă şi joasă tensiune de 100—200 km se pot constata nu mai puţin de trei avarii pe o perioadă de cinci ani. In cazul cînd din datele de exploatare rezultă că pe o perioadă de cinci ani şi pentru o reţea de înaltă şi joasă tensiune de 100—200 km nu s-a constatat nici o avarie, regiunile respective pot fi considerate ca fiind lipsite de manifestări atmosferice care să dea naştere la supratensiuni [7].

Descărcătorii folosiţi în instalaţiile electrice de joasă tensiune de curent alternativ, constau, în linii generale, dintr-un interval de străpungere (eclator) şi o rezistenţă variabilă. Descărcătorul de joasă tensiune de tip sovietic este format dintr-un interval de străpungere şi un disc din vilit, avînd un diametru de 75 mm şi o grosime de 10 mm. Caracteristicile electrice principale ale acestui descărcător sînt date în tabela 1 [6]

a) *Protecţia instalaţiilor şi clădirilor de categoria a treia.* Pentru instalaţiile şi clădirile de categoria a treia, limitarea supratensiunilor ce pătrund în instalaţie sau clădire, pleacă de la principiul protecţiei persoanelcr ce vin în contact cu instalaţiile electrice respective [6, 7, 8].

Principala măsură de protecţie în cazul acesta constă din montarea descărcătorilor la intrarea liniei electrice aeriene în imobilul de protejat şi a intervalelor de protecţie pe suportul liniei din care se face alimentarea cu energie electrică. Montarea descărcătorilor se poate face după unul din următoarele moduri [3].

— montarea desărcătorilor în imediata apropiere a instalaţiei sau a clădirii de protejat;

— montarea descărcătorilor la 50—100 m de instalaţia sau clădirea de protejat;

— combinarea acestor două sisteme, ceea ce duce în mod evident la scumpirea instalaţiei de protecţie.

Punerea la pămînt a descărcătorilor de joasă tensiune poate să fie comună sau separată de punerea la pămînt a conductorului neutru. Rezultă că avem în total şase posibilităţi de montare a descărcătorilor de joasă tensiune, după cum se arată în fig. 5, unde în primele trei cazuri (*a* - *c*) descărcătorul are priza comună cu priza conductorului neutru, iar în celelalte trei cazuri (*d* - *f*), diferită. De fapt acest sistem de

Tabela 1

Caracteristicile descărcătorilor	Tipul descărcătorului	
	De tip normal	De tip special pentru protecţia maşinilor electrice
Tensiunea nominală .	220—380—500 V	220—380—500 V
Tensiunea de străpungere de impuls pentru timpul de 2 μs	Nu mai mult de 3,6—4,6 kV	2,5—3,5 kV
Tensiunea reziduală pentru curentul de 3 000 A	Nu mai mult de 2,5 kV	2,5 kV
Tensiunea de străpungere la frecvenţa industrială	2,4—3,2 kV_{ef}	1,8—2,4 kV_{ef}

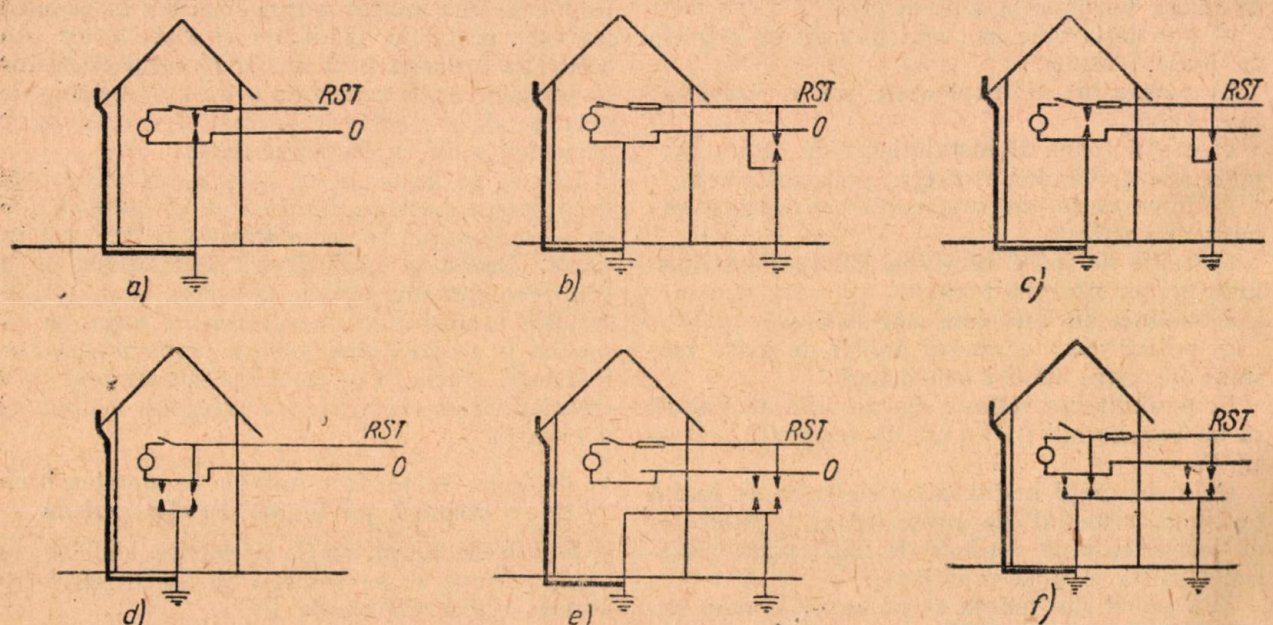


Fig. 5

protecţie se bazează pe principiul folosirii în masă a descărcătorilor cu rezistenţă variabilă şi deoarece rezistenţa de punere la pămînt a descărcătorilor trebuie să fie mică, întreaga instalaţie de protecţie împotriva supratensiunilor atmosferice devine oneroasă. Este mai raţional a se monta descărcătorii în imediata apropiere a instalaţiei sau a clădirii de protejat, iar pe suporţii liniei aeriene de alimentare să se monteze intervalele de protecţie, punerea la pămînt a descărcătorilor fiind comună cu aceea a conductorului neutru. „Indicaţiile călăuzitoare privind protecţia populaţiei rurale împotriva supratensiunilor atmosferice ce pătrund în imobile prin liniile electrice aeriene cu tensiunea pînă în 1 000 V", elaborate de secţia electrificării a Consiliului Tehnic al Ministerului Gospodăriilor Rurale din U.R.S.S. [7] cuprind următoarele reguli ce se pot extinde şi în cazul instalaţiilor sau clădirilor de categoria a treia în general :

Pentru protejarea populaţiei împotriva supratensiunlilor atmosferice ce pătrund în imobile prin liniile aeriene de alimentare, este necesar ca pe suportul de la care se face derivaţia spre imobil, să se pună la pămînt conductorul neutru, consolele metalice (în cazul cînd există), suporţii drepţi şi suporţii curbi ai izolatoarelor, pentru fiecare fază a liniei de joasă tensiune, precum şi ai liniilor cu altă destinaţie, montate pe aceşti suporţi (de exemplu reţelele de radioficare, etc).

Se admite o singură punere la pămînt pentru mai mulţi suporţi, de la care pleacă legături de alimentare la imobile, în următoarele condiţii :

— suporţii la care nu se face punerea la pămînt a echipamentului metalic sau a conductorului neutru trebuie să fie cuprinşi între doi suporţi avînd punerea la pămînt a echipamentului metalic, suma distanţelor de la suporţii nepuşi la pămînt pînă la suporţii puşi la pămînt neputînd depăşi 200 m ;

— suporţii care se găsesc la distanţe de cel mult 30 m de la un suport prevăzut cu punerea la pămînt, pot să fie fără punerea la pămînt ;

— este absolut necesar ca suporţii de la care pleacă legăturile de alimentare a imobilelor cu caracter obştesc (şcoli, cămine, spitale, cluburi, etc), ca şi suporţii terminali de la care pleacă legături de alimentare, să fie puşi la pămînt. De asemenea, este necesar ca să fie puşi la pămînt şi suporţii de la care pleacă legături de alimentare a grajdurilor.

In fig. 6 se arată modul de punere la pămînt a suporţilor liniei de joasă tensiune, după indicaţiile de mai sus.

In cazul regiunilor caracterizate printr-un indice keraunic deosebit de ridicat, aşa cum s-a definit mai sus, se recomandă ca distanţa l_1+l_2 (fig.6) să fie micşorată la 100 m, iar nelegarea la pămînt a suporţilor situaţi la distanţa de cel mult 30 m de la un suport pus la pămînt, nu se mai admite.

Rezistanţa la punere la pămînt nu trebuie să depăşească 30 ohmi şi numai în cazuri excepţionale (soluri cu rezistivitate prea mare) poate atinge valoarea de 50—60 ohmi. Aceste rezistenţe se consideră vara pe timp uscat şi fără a socoti coeficienţii de impuls.

In afară de sistemul de punere la pămînt

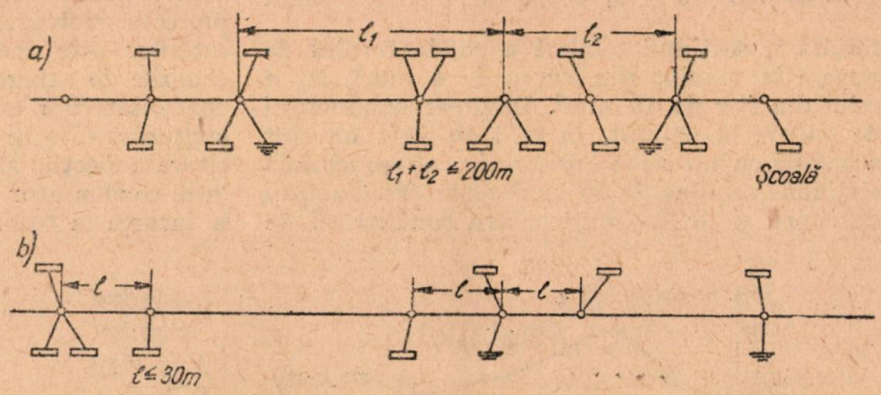


Fig. 6

menţionat mai sus se admite să se facă punerea la pămînt a echipamentului metalic sau a conductorului neutru de lîngă imobilul sau instalaţia de protejat, cu condiţia ca distanţa dintre conductorul de punere la pămînt şi priza pe de o parte şi locul de intrare a legăturii în imobil pe de altă parte, să fie mai mare de 5 m pentru a evita eventualele accidente provocate de tensiunea de pas prea ridicată ce ar putea lua naştere în cazul unor supratensiuni atmosferice.

Lungimea totală a conductorului de punere la pămînt nu trebuie să depăşească 10 m.

Prin trecerea curentului de trăsnet prin conductor, are loc încălzirea acestuia. Deoarece fenomenul este de scurtă durată, în calcule se poate neglija cedarea căldurii mediului înconjurător. Formula de calcul care determină secţiunea conductorului de punere la pămînt are forma [6]

$$q = kI_{max}\sqrt{\tau}$$

unde τ o constantă determinată de calităţile fizice ale materialului conductorului de punere la pămînt, precum şi de forma undei curentului de trăsnet ; pentru cupru, $k = 1/340$, iar pentru fier, $k = 1/115$.

$$I_{max} = \left(I_{1\,max}^2 + n\, I_{2\,max}^2 + \frac{1{,}386\, t_0}{T}\, I_0^2 \right)^{\frac{1}{2}} ;$$

In această relaţie (fig.7)..

T este lungimea undei cu rentuluia primului impuls, în μ s ;

$I_{1\,max}$ — amplitudinea curentului de trăsnet a primului impuls ;

n — numărul impulsurilor se urmează după primul impuls ;

$I_{2\,max}$ — amplitudinea impulsurilor ce urmează după primul impuls ;

I_0 — curentul părții puțin variabile a descărcării trăsnetului;

t_0 — durata părții puțin variabile a impulsului.

Luînd cazul defavorabil al curenților de trăsnet deosebit de mari, a căror probabilitate de producere este de circa 1% din numărul loviturilor totale ale trăsnetului (după datele stabilite pe teritoriul Uniunii Sovietice), adică la valorile

$I_{1\,max} = 200\ kA, \quad I_{2\,max} = 30\ kA, \quad n = 2$

$T = 40 \cdot 10^{-6}\ s \quad t_0 = 1{,}65\ s \quad I_0 = 300\ A$

rezultă o secțiune minimă a conductorului de punere la pămînt din cupru de 6 mm², iar a celui din fier de 16 mm². Deoarece conductorii de punere la pămînt, în mod obișnuit nu sînt acoperiți cu un strat anticoroziv, se recomandă secțiunile minime de 16 mm² pentru conductorii de cupru și de 25 mm² pentru conductorii de fier. In sistemele cu mai mulți conductori de punere la pămînt, aceste secțiuni se pot reduce la 10 mm² pentru conductori din cupru și la 16 mm² pentru cei din fier.

Punerea la pămînt a suporților curbi sau a consolelor suporților liniei aeriene de joasă tensiune, nu exclude pe deplin pătrunderea undelor de supratensiune în instalațiile sau clădirile de protejat.

Tensiunea de conturnare a izolatorilor poate atinge în acest caz, valoarea de 40 kV, din care cauză este necesar a se lua măsuri speciale pentru a evita o tensiune de pas prea ridicată prin dimensionarea respectivă a prizei sau montarea ei la distanța de cel puțin 5 m de instalația de protejat, după cum s-a menționat mai sus. In cazul grajdurilor de vite este necesar ca întreaga instalație (condensatori, aparataj de iluminat sau telefon) să fie montată la distanța de cel puțin 2 m de vite [7].

In cazul cînd intrarea liniei aeriene se face printr-un cablu, în funcție de lungimea cablului, tensiunile ce pătrund în instalația sau clădirea de protejat au în general valori neprimejdioase.

Acțiunea protectoare a cablului se explică în primul rînd prin faptul că la capătul dinspre linie, între armătura cablului pusă la pămînt și conductorul propriu-zis, există o distanță relativ mică, astfel încît aproape toată unda este canalizată spre pămînt [6]. Este necesar să se sublinieze faptul că intervalele de protecție ce se aleg în acest caz trebuie să fie cît se poate mai reduse, iar valoarea prizelor de punere la pămînt trebuie să fie mică. Armătura cablului se pune la pămînt și la capătul celălalt, în dreptul imobilului, conductorul de punere la pămînt netrebuind să aibă o lungime prea mare.

In lipsa descărcătorilor este utilă folosirea condensatorilor avînd capacitate de circa 1 μF, mai ales cînd se pune problema reducerii supratensiunilor la valori mai mici, ceea ce nu se poate realiza cu ajutorul intervalelor de protecție, deoarece se poate ajunge la situația ca aceste intervale să funcționeze prea des; în cazul instalațiilor de categoria a treia, folosirea condensatorilor poate fi necesară de exemplu, pentru protecția motoarelor electrice. Folosirea condensatorilor este mai frecventă la instalațiile și clădirile de categoria întîia și a doua. Acțiunea condensatorilor este mai puțin efectivă în cazul loviturilor directe ale trăsnetului, deoarece după cîteva reflecții ale undelor de supratensiune între condensator și locul de lovire, condensatorii se încarcă la tensiuni ridicate, în care caz intră în acțiune intervalele de protecție. In orice caz pentru protecția condensatorilor este necesar ca aceștia să fie protejați, șuntîndu-se prin intervalele de protecție. Din considerațiile de mai sus, eficacitatea condensatorilor este mai mare în cazul supratensiunilor induse [6]. In cazul loviturilor directe ale trăsnetelor care provoacă cele mai ridicate supratensiuni, se recomandă folosirea descărcătorilor [9].

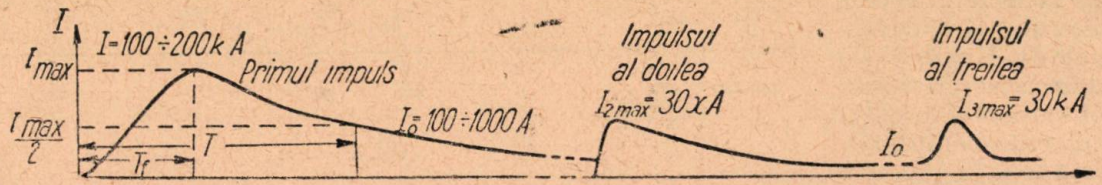


Fig. 7

Protecția mașinilor electrice se realizează prin montarea descărcătorilor construiți special în acest scop și caracterizîndu-se prin faptul că au o tensiune de amorsare mai redusă. De altfel, mijloacele de protecție generale ale instalației de joasă tensiune împotriva supratensiunilor atmosferice, reprezintă totodată și un mijloc de protecție a mașinilor electrice alimentate de linii aeriene de joasă tensiune.

Dat fiind izolația relativ redusă a mașinilor electrice, aceste mijloace generale, cu toate că reduc sensibil probabilitatea avarierii mașinilor electrice legate direct la linii aeriene, nu asigură o protecție suficient de sigură, din care cauză se recomandă montarea unor descărcători speciali, așa cum s-a menționat mai sus, sau în lipsa acestora, a unor condensatori cu o capacitate de cel puțin 1 μ F. De menționat, că în general avarierea mașinilor electrice de joasă tensiune, datorită supratensiunilor atmosferice, reprezintă un fenomen mai rar.

Protecția transformatorilor împotriva supratensiunilor primejdioase ce se propagă pe liniile aeriene de joasă tensiune, se realizează montîndu-se descărcători pe fiecare fază.

Rezultă din cele expuse mai sus, că protecția

împotriva supratensiunilor produse de loviturile directe ale trăsnetului în liniile electrice aeriene de joasă tensiune se realizează punînd conductorul neutru şi echipamentul metalic al suportului de la care pleacă legătura de alimentare, la pămînt, precum şi prin montarea descărcătorilor de joasă tensiune în dreptul instalaţiilor sau clădirilor de protejat (fig.8). In cazul unor insta-

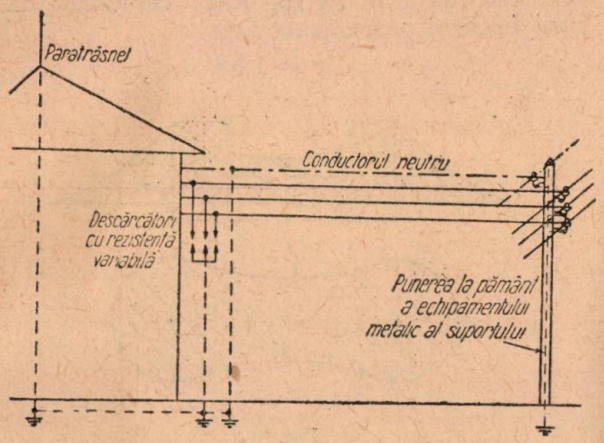


Fig. 8

laţii puţin importante sau a clădirilor rurale, eventual pot lipsi descărcătorii de joasă tensiune. Este de menţionat că practica exploatării reţelelor de joasă tensiune a arătat că nu este suficient a se pune la pămînt numai conductorul neutru [1] aşa cum se menţionează în unele lucrări [10, 11].

b) *Protecţia instalaţiilor şi clădirilor de categoria a doua şi întîia.* Măsurile de bază ce se recomandă a se lua împotriva undelor de supratensiune ce se popagă pe linii în cazul instalaţiilor şi clădirilor de categoria a doua sînt următoarele [6]:

— Folosirea unei legături în cablu de circa 50 m lungime, armătura cablului şi cămaşa de plumb trebuind să fie bine pusă la pămînt la ambele capete ($R = 5$ ohmi). Suporţii curbi sau consolele metalice de pe suportul pe care este montată cutia terminală a cablului se pun la pămînt, legîndu-se la armătura cablului; în cazurile unei clădiri importante se micşorează intervalul de protecţie la 5—10 mm, fixîndu-se această distanţă între capetele a doi conductori într-o cutie închisă din lemn, pentru a evita scurt-circuitele provocate de păsări.

— Folosirea ecranării liniei pe o distanţă de 150 m cu ajutorul paratrăsnetelor verticale, dacă nu este posibilă realizarea unei legături subterane între linia de joasă tensiune şi instalaţia de protejat. In cazul cînd linia este deja ecranată, sau în cazul unor regiuni caracterizate printr-un indice keraunic redus, această măsură nu este necesară. Suporţii curbi, ca şi consolele metalice de pe toţi suporţii acestei apropieri trebuie puşi la pămînt, rezistenţa de punere le pămînt trebuind să fie de 20 ohmi, iar în cazul suportului din imediata apropiere a instalaţiei sau a clădirii de protejat, de 10 ohmi [6]. Aceste condiţii privind valoarea rezistenţei de punere la pămînt sînt în general prea severe.

In cazul instalaţiilor şi clădirilor de categoria întîa, este necesar a se lua cele mai radicale măsuri de protecţie pentru a evita gravele avarii pe care le pot provoca supratensiunile atmosferice.

Spre deosebire de instalaţiile şi clădirile de categoria a doua, în cazul acesta lungimea cablului prin care se face intrarea liniei aeriene trebuie să fie de cel puţin 100 m, iar în cazul cînd se foloseşte metoda ecranării liniei, lungimea totală de ecranare este de 500 m. Intervalul de protecţie între conductorii cablului şi armătura acestuia se alege de numai 2 mm. Rezistenţele de punere la pămînt sînt: de 5 ohmi în dreptul instalaţiei sau clădirii de protejat şi de maximum 10, respectiv 5 ohmi, pentru suporţii curbi sau consolele suporţilor liniei aeriene.

Este necesar să se menţioneze că în cazul instalaţiilor şi clădirilor de categoria întîia, pentru a evita producerea scînteilor în interiorul imobilelor, este obligatorie montarea condensatorilor cu o capacitate de cel puţin 1 μ F, la intrarea liniei în imobil.

3. Protecţia împotriva supratensiunilor induse

In cazul instalaţiilor sau clădirilor de categoria a treia nu este necesară vreo măsură de protecţie specială împotriva supratensiunilor induse. Unica măsură practică pentru a proteja instalaţiile şi clădirile de categoria întîia şi a doua împotriva inducţiei electromagnetice constă în montarea de legături conductoare între diferite elemente metalice între care ar putea să ia naştere arcuri electrice din cauza diferenţei de potenţial ce se poate creea. Acest lucru se realizează efectuînd legături galvanice pentru echipamentul metalic al instalaţiei în cazul cînd există o apropiere, lungimea lor fiind destul de mare (de exemplu tuburi metalice), precum şi legături galvanice din 10—15 m, cînd există un paralelism pe o lungime relativ mare [6].

Măsura cea mai eficace împotriva inducţiei electromagnetice constă în micşorarea rezistenţei de punere la pămînt a instalaţiei, dacă se poate pînă la valoarea de 1 ohm, ceea ce în practică reprezintă o condiţie deosebit de grea. Micşorarea rezistenţei de punere la pămînt se poate realiza folosind construcţiile metalice subterane ale instalaţiei sau clădirii, a acoperişului metalic sau a armăturii metalice a acoperişului de beton armat, etc., în cazul cînd există aceste posibilităţi.

4. Protecţia contra loviturilor directe ale trăsnetului

Protecţia instalaţiilor electrice de joasă tensiune împotriva loviturilor directe ale trăsnetului se realizează cu ajutorul paratrăsnetelor, sau într-o măsură mult mai redusă, cu ajutorul conductorilor de protecţie.

Acţiunea de protecţie a unui paratrăsnet sau a unui conductor de protecţie este caracterizată prin zona sa de protecţie. Această zonă de protecţie reprezintă spaţiul care, cu o probabilitate

destul de mare, nu poate fi atins de loviturile directe ale trăsnetului. In consecinţă, instalaţiile ce urmează să fie protejate, trebuie să fie cuprinse în interiorul zonei de protecţie a paratrăsnetelor sau a conductorilor de protecţie. In realitate, determinarea precisă a unei zone de protecţie nu este posibilă, pentru un acelaşi paratrăsnet existînd o familie de zone de protecţie, caracterizate prin grade de protecţie diferite.

Zonele de protecţie stabilite în baza experienţelor lui A. Akopian şi menţionate în „In-

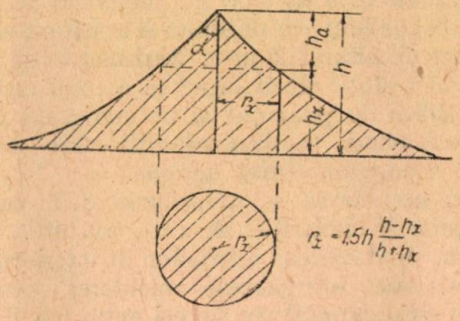


Fig. 9

dicaţiunile călăuzitoare privind protecţia instalaţiilor electrice de 3—220 kV împotriva supratensiunilor [13], sînt astfel determinate, încît probabilitatea lovirii obiectului cuprins în zona de protecţie este mai mică de 1%.

Numărul loviturilor de trăsnet ce cad pe o instalaţie sau o clădire avînd dimensiunile: L — lungimea, B — lăţimea şi h — înălţimea, este dată de relaţia [14]:

$$N = k\,(L + 10h)\,(B - 10\,h)\cdot 10^{-7}$$

unde k este indicele keraunic al regiunii respective.

Considerînd o clădire avînd dimensiunile $L = 40$, $B = 30$ m, $h = 20$ m, iar $k = 20$, rezultă

$$N = 20\ \ (40 + 200)\ \ (30 + 200) - 10^{-7} \cong 0{,}11,$$

deci probabilitatea ca să cadă un trăsnet este odată în nouă ani.

In concluzie, se poate considera că zonele de protecţie determinate după „Indicaţiunile călăuzitoare" menţionate mai sus, asigură practic o protecţie perfectă împotriva loviturilor directe ale trăsnetului. Determinarea zonei de protecţie se face fie după relaţii empirice sau abace, construite în baza acestor relaţii pentru fiecare tip de zonă.

Zona de protecţie a unui paratrăsnet reprezintă un con de protecţie, a cărui bază are ca rază $r = 1{,}5\,h$, unde h este înălţimea paratrăsnetului ($h \leqslant 60$ m). Generatoarea zonei de de protecţie se poate trasa ştiind că pentru fiecare punct raza este dată de relaţia (fig.9)

$$r_x = 1{,}5\ h\,\frac{h - h_x}{h + h_x}.$$

In cazul unui conductor de protecţie, zona de protecţie are în secţiune aceeaşi formă ca în cazul unui paratrăsnet, cu menţiunea că la baza zonei, distanţa de la axa mediană la marginea zonei este $r = 1{,}2h$. In consecinţă, distanţa de la axă pînă la generatoarea zonei în dreptul unui punct situat la înălţimea h_x este dată de relaţia

$$r_x = 1{,}2\,\frac{h - h_x}{h + h_x}.$$

Zona de protecţie în cazul a două paratrăsnete este dată în fig.10. Raza cercurilor de la baza fiecărui paratrăsnet este

$$r = 1{,}5h$$

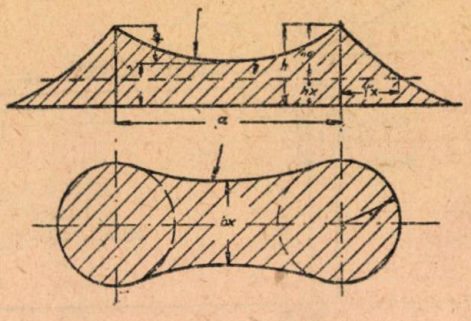


Fig. 10

Lăţimea zonei la mijlocul distanţei între paratrăsnete se determină conform relaţiei.

$$b_x \approx 4r_x\,\frac{7\,h - a}{14\,h - a}.$$

Determinarea lăţimii b_x se poate face şi cu ajutorul diagramei de calcul dată în fig. 11.

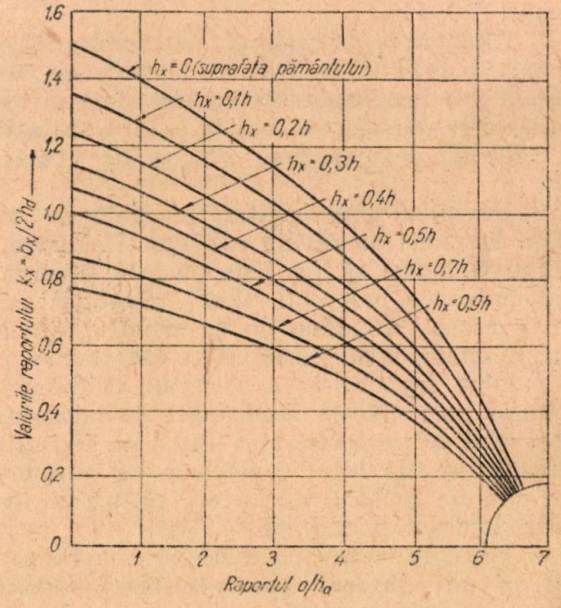


Fig. 11

Zona de protecţie în cazul a trei sau patru paratrăsnete se determină după aceleaşi reguli ca în cazul a două paratrăsnete (fig.12).

In cazul a două sau trei paratrăsnete, distanţa între paratrăsnete trebuie să fie mai mică decît de şapte ori înălţimea activă a unui paratrăsnet, iar în cazul mai multor paratrăsnete, distanţa maximă între două paratrăsnete nu trebuie să depăşească de opt ori înălţimea activă a unui paratrăsnet.

Determinarea zonei de protecţie în cazul a două paratrăsnete neegale este dată în fig. 13; distanţa a' de la paratrăsnetul de înălţime mai mică pînă la paratrăsnetul fictiv nu trebuie să

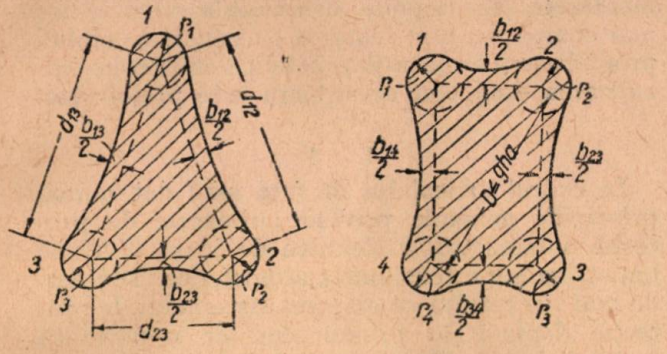


Fig. 12

depăşească de şapte ori înălţimea paratrăsnetului.

In cazul a doi conductori de protecţie, determinarea zonei de protecţie se ace ca şi în cazul a două paratrăsnete verticale, cu observaţia că distanţa pe orizontală de la axa conductorului pînă la marginea zonei este $r = 1{,}2\ h$.

Alegerea numărului de paratrăsnete, ca şi caracteristicele lor constructive se face ţinînd seama de condiţiile tehnice pe care trebuie să

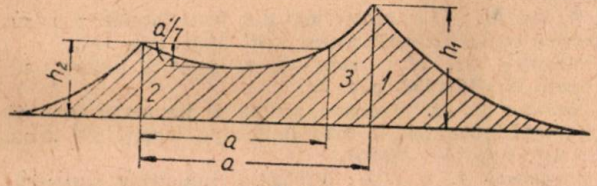


Fig. 13

le îndeplinească, şi în funcţie de costul instalaţiei de protecţie preferîndu-se soluţiile care duc la cheltuieli minime, ca şi în funcţie de consideraţii arhitecturale.

Literatura tehnică sovietică recomandă următoarele mijloace de protecţie contra loviturilor directe ale trăsnetului [6]:

a) *Protecţia instalaţiilor şi clădirilor de categoria a treia.* Instalaţiile şi clădirile de categoria a treia trebuie protejate împotriva loviturilor directe ale trăsnetului prin montarea paratrăsnetelor pe instalaţia sau clădirea respectivă.

Rezistenţa prizei paratrăsnetelor se recomandă a fi de 20—30 ohmi, putînd fi folosite în acest scop construcţiile metalice subterane (canalizarea, ţevile de apă, etc.).

In cazul grajdurilor de vite, protecţia contra loviturilor directe se face ca în cazul instalaţiilor sau clădirilor de categoria întîia.

In cazul cînd montarea paratrăsnetelor nu este posibilă, protecţia contra loviturilor directe se realizează executînd o reţea metalică pe acoperiş, dimensiunile ochiurilor netrebuind să depăşească 5×5 m. Clădirile prevăzute cu un acoperiş metalic nu necesită o protecţie specială împotriva loviturilor directe. Acoperişul metalic trebuie pus la pămînt la fiecare 15—20 m. Se recomandă totodată ca părţile proeminente (coşuri, ornamentaţii arhitectonice, etc), să fie prevăzute cu paratrăsnete legate cît se poate de bine de partea metalică a acoperişului.

Montarea paratrăsnetelor şi a conductorilor de punere la pămînt, în cazul cînd acoperişul este uşor inflamabil (stuf, paie), trebuie să fie astfel executată, încît să nu vină în contact direct cu partea uşor inflamabilă a acoperişului, dar la o distanţă de 10—15 cm. Această măsură nu este necesară în cazul acoperişului de şindrilă.

In cazul clădirilor care au coloane din beton armat, armătura metalică a acestora poate fi folosită drept conductor de punere la pămînt, numai dacă legătura dintre barele metalice ale armăturii se face cu ajutorul sudurii.

Pentru clădirile cu caracter obştesc, ca şi în cazul grajdurilor, se impun măsuri speciale pentru micşorarea tensiunii de pas şi de atingere, printr-o reducere corespunzătoare a valorii rezistenţei de punere la pămînt.

b) *Protecţia instalaţiilor şi clădirilor de categoria a doua şi întîia.* Ca şi în cazul precedent, protecţia instalaţiilor şi clădirilor de categoria a doua împotriva loviturilor directe ale trăsnetului se realizează montînd paratrăsnete direct pe clădirea sau instalaţia de protejat, priza paratrăsnetelor putînd fi comună cu priza protecţiei împotriva undelor de supratensiune. Valoarea prizei nu trebuie să depăşească 10 ohmi.

Pentru clădirile prevăzute cu un acoperiş metalic, măsurile de protecţie sînt aceleaşi ca şi în cazul instalaţiilor şi clădiriilor de categoria a treia. In cazul cînd clădirea sau instalaţia de protejat are conducte de gaze, montarea paratrăsnetelor este necesară, chiar dacă acoperişul este metalic; paratrăsnetele se vor monta în acest caz la oarecare distanţă de conducte sau separatoare de gaze.

Protecţia instalaţiilor şi clădirilor de categoria întîia se face cu ajutorul paratrăsnetelor montate în afara instalaţiei sau clădirii de protejat. Priza paratrăsnetelor trebuie să fie la o distanţă

$$S \geqslant 0{,}5 \ldots 0{,}6\ R_i,$$

de obiectele de protejat sau de părţile metalice subterane ale acestora (canalizare, cabluri, etc.).

Rezistenţa prizei R_i, se recomandă să fie de 10 ohmi; se poate depăşi această valoare cu condiţia respectării relaţiei de mai sus. Pentru clădirile sau instalaţiile de categoria întîia, foarte înalte, montarea paratrăsnetelor separate fiind costisitoare, se admite montarea paratrăsnetelor pe clădire sau pe instalaţie, cu condiţia ca rezistenţa prizei să nu depăşească 5 ohmi şi ca prizele mai multor paratrăsnete să se lege între ele printr-o centură care se recomandă a se lega şi de părţile metalice subterane (cabluri, conducte, canalizare, etc.).

In cazul măsurilor de protecţie împotriva loviturilor directe ale trăsnetului, indiferent de categoria instalaţiei sau clădirii de protejat, trebuie să se ţină seama de faptul că este posibilă

o ecranare din partea clădirilor sau arborilor din apropierea obiectului de protejat.

5. Prizele de pămînt în cazul protecţiei instalaţiilor de joasă tensiune.

Din cele expuse mai înainte, rezultă că valoarea rezistenţei prizei de pămînt variază în limite largi în funcţie de categoria instalaţiei. In consecinţă şi execuţia prizelor va fi mai completă sau mai simplă.

In cazul instalaţiilor şi clădirilor de categoria a treia, valoarea rezistenţei prizelor de pămînt este destul de mare (20 — 30 ohmi). Aceste valori se pot obţine executînd prizele după unul din următoarele moduri [7] :

— din benzi de fier avînd o grosime de cel puţin 4 mm şi cu o secţiune transversală de cel puţin 48 mm²;

— din conductori de fier avînd diametrul de cel puţin 6 mm;

- din ţevi sau bare de fier bătute vertical în pămînt;

— din diferite resturi metalice, avînd secţiunile minime menţionate mai sus.

Conductorii sau benzile de fier se îngroapă la o adîncime de cel puţin 0,5—0,7 m, iar în cazul ţevilor sau barelor din fier, distanţa între două elemente trebuie să fie cel puţin egală cu lungimea lor.

Caracteristicele constructive ale prizelor ce se pot folosi în acest caz sînt date în tabela 2 [7].

Tabela 2

Nr.	Solul	Rezistenţa medie a solului ρ/ohmi m	Prize de suprafaţă		Tevi sau bare	
			Schiţa	Lungimea m	Numărul n	Lungimea m
1	Turbă . . .	20	In plan	2	1	1,0
2	Argilă, Cernoziom	50		3,5	1	1,5
3	Argilos. . .	100		4,5	2	2,0
4	Nisip . . .	300		5	2	2,5
					3	2,0

In cazul pct. 1,2 şi 3, rezistenţa prizei este de circa 30 ohmi, iar în cazul pct.4, de circa 60 ohmi.

Legătura conductorului de punere la pămînt cu suporţi curbi sau console se face cu ajutorul sîrmei de matisare, iar legătura la conductorul neutru, prin intermediul clemei de curent (de exemplu cu ghiare).

Pentru obţinerea unor rezistenţe de punere la pămînt mai mici, mai ales în dreptul instalaţiilor sau clădirilor de protejat, în vederea evitării unor tensiuni de pas sau de atingere primejdioase, se impune construcţia unei prize mai complexe, prin tratarea eventuală a solului, prin folosirea armăturilor metalice subterane (canalizarea, etc,), cînd acest lucru este posibil, etc.

* * *

In cadrul articolului de faţă s-au dat numai principiile generale privind mijloacele de protecţie a instalaţiilor electrice de joasă tensiune împotriva supratensiunilor atmosferice. Din cele de mai sus rezultă că alegerea sistemului de protecţie depinde în primul rînd de importanţa instalaţiei sau clădirii de protejat. Luarea unor măsuri de protecţie minime necesare este absolut necesar pentru asigurarea unei exploatări raţionale a instalaţiilor de joasă tensiune.

Bibliografie

[1] *Semeinov C. M.* şi *Şişman D. V.*: Avariile produse de supratensiuni şi protecţia reţelelor rurale de joasă tensiune. Electricestvo, Nr. 10/1952, pag. 37.

[2] *Gayraud J.*: Problema supratensiunilor în instalaţiile energetice ce deservesc industria de petrol din sistemul Muntenia în lumina cifrelor statistice. Referat prezentat la Consfătuirea A.S.I.T. din 29—XII—1953 din oraşul Ploeşti.

[3] *Witzig M.*: La protection des installations a basse tension contre les surtensions. BBC, 1951, pag. 115.

[4] *Necrasov M. M.*: Coordonarea izolaţiei liniilor. El. Stanţii Nr. 12/1953, pag. 36.

[5] *Necrasov M. M.*: Trecerea arcului de impuls în arcul de frecvenţă industrială în cazul liniilor pe suporţi de lemn. Electricestvo, Nr. 3/1951.

[6] *Stecolnicov I.* şi alţii: Protecţia împotriva supratensiunilor atmosferice ale clădirilor şi construcţiilor industriale. Ed. Acad. de Ştiinţe U.R.S.S. 1951.

[7] * * *: Indicaţiuni călăuzitoare provizorii privind protecţia populaţiei rurale împotriva supratensiunilor atmosferice aduse în imobile de liniile aeriene cu tensiunea pînă la 1000 V. Electricestvo, Nr. 14/1951.

[8] *Cuznefov N.* şi *Zlalcovschi A.*: Hidrocentrale rurale, E.E.S., 1952.

[9] *Meyer E.*: Un parafoudre particulièrement efficace pour installations à courant continu, BBC, 1951, pag. 119.

[10] * * *: Indreptar privind electrificarea rurală — 1950.

[11] * * *: Prescripţiile de amenajare a instalaţilor electrice. GEI, 1949.

]12] *Burgsdorf V.*: Studiul protecţiei împotriva supratensiunilor atmosferice în sistemele energetice. Electricestvo, Nr. 2/1949.

[13] * * *: Indicaţiuni călăuzitoare privind protecţia instalaţiilor electrice de 3—200 kV împotriva supratensiunilor, GEI, 1046.

[14] *Kostenko M. V.*: Supratensiuni atmosferice şi protecţia instalaţiilor electrice împotriva lor GEI, 1949.

★

ЗАЩИТА НИЗКОВОЛЬТНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ОТ АТМОСФЕРНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

Резюме

Излагаются общие принципы защиты электрических установок низкого напряжения различных категорий от атмосферных перенапряжений, от волн перенапряжений распространяющихся по воздушным линиям, а также от прямых ударов молнии. Дается величина заземлителей в зависимости от категории установки.

REACTORII CA MIJLOC DE LIMITARE A CURENŢILOR DE SCURTCIRCUIT

Ing. VASILE I. NIŢU

Aspirant Inst. Energetic V. M. Molotov-Moscova

Se analizează tipurile existente de reactori şi anume: reactorii cu miez de fier compensaţi cu curent continuu, reactori simpli cu coloane de beton şi reactorii dubli sau scindaţi. In concluzie se arată care tip de reactor este mai indicat pentru limitarea curenţilor de scurtcircuit.

Construirea socialismului în ţara noastră cere ca electrificarea să meargă cu un pas înainte faţă de celelalte domenii ale industriei, fiindcă, numai de introducerea pe scară largă a electricităţii în procesul de producţia depinde mărirea productivităţii muncii, deci posibilitatea de a înlătura diferenţe între munca manuală şi intelectuală.

Un alt aspect al aplicării electricităţii îl reprezintă electrificarea transportului, agriculturii şi a muncii de culturalizare a maselor muncitoare ca radioficarea. In consecinţă, problema producerii şi transmiterii de energie electrică fără avarii trebuie să fie una din preocupările de bază a electricienilor; iar în cazul avariilor aparatura să poată lucra fără a ieşi din funcţiune.

Unirea centralelor electrice în sisteme cu o coordonare unică — etapă în care se găseşte ţara noastră, naşte o serie de probleme noi. Una din acestea, o constituie apariţia curenţilor mari de scurtcircuit care depăşesc parametrii aparaturii existente. Este cunoscut că, curenţii de scurtcircuit sînt însoţiţi de efecte dinamice şi termice. Problema constă în a găsi un mijloc care să micşoreze curenţii de scurtcircuit pînă la mărimi pe care aparatura existentă să-i suporte, micşorînd şi curentul de şoc şi mărimea staţionară a curentului de scurtcircuit.

De la început s-a preferat a se lupta împotriva acestor curenţi prin aplicarea reactoriilor.

Limitarea curenţilor de scurtcircuit poate fi realizată prin alegerea raţională a schemei electrice, deci prin combinarea elementelor schemei în aşa fel, încît între locul de scurtcircuit şi punctele generatoare, valoarea reactanţei să fie maximă. Dar aceasta trebuie să se facă luîndu-se în considerare următoarele cerinţe:

a) Să nu fie înrăutăţită stabilitatea lucrului în paralel a generatorilor; de asemenea să nu se creeze greutăţi în reglarea tensiunii.

b) Schema să permită localizarea rapidă a avariilor iar tensiunea la barele colectoare să se menţină la nivelul care să permită rotirea motoarelor asincrone.

c) Costul aparaturii, cît şi numărul de aparate necesar schemei să fie minime, întrucît fiecare aparat în plus reprezintă o sursă de avarii şi de cheltuieli suplimentare.

d) Schema electrică să aibă un coeficient ridicat de siguranţă, să fie comodă în exploatare şi să permită viitoare lărgiri. Trebuie de la început spus, că în timpul lucrului normal, reactorii sînt elemente pasive în schemă, nedînd altceva decît pierderi de energie şi tensiune. Rolul activ al reactorilor trebuie să apară în timpul regimului cu avarii. In analiza pe care o vom face mai departe, vom privi tipurile de reactori în ordinea istorică a apariţiei lor şi anume:

I Reactori cu miez de fier;
II Reactori cu coloane de beton fără miez;
III Reactori dubli sau scindaţi.

Reactori cu miez de fier

Dintre tipurile de reactori cu miez de fier care au fost propuse, vom analiza, construcţia inginerului sovietic L. I. Moijes.

L. I. Moijes a propus un reactor cu miez de fier şi compensat cu curent continuu.

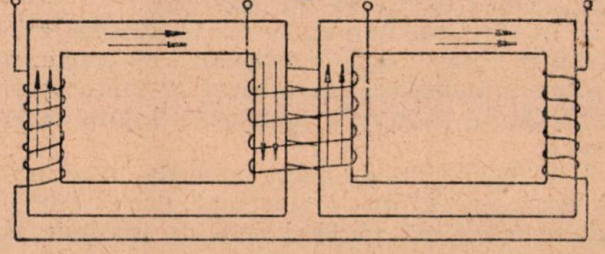


Fig. 1

Reactorul acesta lucrează după următorul principiu:

Cîmpul magnetic creat de curentul continuu şi suprapus peste cîmpul magnetic alternativ creat de bobina cu miez de fier, îl deplasează pe acesta în regiunea de saturaţie, micşorînd rezistenţa inductivă parcursă de curentul alternativ pînă la mărimi relativ mici.

Din punct de vedere constructiv, pe un miez de fier ramificat se înfăşoară trei bobine, din care

două se leagă în serie în circuitul de curent alternativ iar a treia va fi străbătută de curentul continuu. Miezul este ales ramificat pentru ca suma f.e.m. introdusă în circuitul bobinei de curent alternativ, atunci cînd se schimbă mărimea curentului continuu, să fie egală cu zero. De asemenea şi suma fluxului magnetic al bobinei de curent continuu, să fie totdeauna egal cu zero. In regim normal, miezul este magnetizat de curentul continuu pentru a micşora rezistenţa inductivă a reactorului. Atunci cînd iau naştere curenţii de scurtcircuit, curentul continuu trebuie întrerupt. Mărimea primei amplitudini a curentului de scurtcircuit depinde de momentul în care a apărut scurtcircuitul şi de viteza cu care se stinge cîmpul magnetic creat de curentul continuu. Intreruperea curentului continuu trebuie să fie făcută în mod automat, în funcţie de variaţia curentului alternativ.

Locul de aplicare al acestui reactor este în cablurile de alimentare a consumatorilor. Autorul arată că aplicarea reactorului cu compensaţie face posibil înlocuirea întrerupătorilor cu separatori de putere, calculaţi la curentul nominal. Celelalte elemente ale schemei : cabluri, transformatorii de curenţi, barele colectoare etc. întrucît sînt alese numai la curentul nominal trebuie să fie mai ieftine. Autorul arată că, construcţia sa este compactă şi comodă în exploatare. Cu toate acestea reactorul cu compensaţie nu a fost răspîndit în practică din următoarele motive :

1. Din punct de vedere economic instalarea reactorului cu compensaţie este prea costisitoare. Astfel dacă pentru reactorul obişnuit Rb—6—400 —5% trebuie 0,84 tone metale neferoasc, pentru reactorul cu compensaţie trebuie 2 tone metale neferoase.

De asemeni trebuie avut în vedere şi costul curetului continuu.

2. Pierderile de energie electrică sînt foarte mari în regim normal. Dacă în reactorul obişnuit se pierd 0,14% din puterea care se trasmite prin el, în reactorul cu compensaţie pierderile alcătuiesc 3,5%, adică de 23,34 ori mai mari.

3. La creşterile curentului consumatorilor, reactorul cu compensaţie reacţionează cu creşterea reactanţei. In legătură cu aceasta se înrăutăţesc condiţiile de pornire a motoarelor legate după reactor.

4. In condiţiile de lucru normale, reactorul cu compensaţie are o reactanţă mare (10%) ceea ce determină pierderi mari de tensiune la consumatori.

5. Asupra primei amplitudini nu are o influenţă prea mare, datorită inerţiei cîmpului magnetic care persistă după întreruperea curentului continuu.

In concluzie se poate spune că avînd în vedere sumele mari de investiţii, cantitatea mare de materiale neferoase, pierderile de energie electrică, aplicarea pe scară largă a reactorului cu compensaţie, în scopul limitării curenţilor de scurtcircuit nu este justificată.

Totuşi acest aparat poate fi întrebuinţat în unele cazuri la :

1. Reglarea curentului la aparatele de sudură.
2. Reglarea curentului pentru cuptoarele electrice.
3. Reglarea intensităţii luminoase a lămpilor fluorescente.
4. Menţinerea constantă a încălzirii lămpilor de radio.
5. Reglarea numărului de ture a motoarelor asincrone.

Reactori cu coloane de beton, fără miez

După succinta analiză a reactorului cu compensaţie trecem la cel mai răspîndit tip de reactor şi anume reactorul cu coloane de beton şi fără miez (numit şi cu miez de aer). Acest tip de reactor, reprezintă un aparat ce posedă o reactanţă constantă în toate regimurile şi a cărui scop este de a limita curenţii de scurtcircuit. Concomitent, în timpul avariilor reactorul menţine la un anumit nivel tensiunea la barele colectoare.

Datele tehnice ale reactorului sînt următoarele :

a) Tensiunea nominală se numeşte tensiunea lineară la care este destinat să lucreze reactorul. Tensiunea nominală este importantă întrucît în funcţie de ea se stabileşte tensiunea de încercare şi se face alegerea izolaţiei. In mod obişnuit reactorii care lucrează la tensiunea de 6 kV se încearcă la tensiunea de 32 kV, iar reactorii care lucrează la tensiunea de 10 kV, se încearcă la tensiunea de 42 kV.

b) I_N — curentul nominal — se numeşte valoarea cea mai mare a curentului la care este destinat să lucreze reactorul. Curentul nominal este factorul de bază ce determină alegerea secţiunii conductorului din care se execută bobina. Pot influenţa la alegerea secţiunii conductorului, nivelul pierderilor electrice şi forţele mecanice care iau naştere în timpul avariilor, însă hotărîtor este curentul nominal.

c) Reactanţă nominală (în procente X_N) este exprimarea în procente a raportului dintre căderea inductivă de tensiune într-o fază, atunci cînd prin ea trece curentul nominal şi tensiunea nominală pe fază.

$$X_N = \frac{\omega L_N I_N}{\frac{\sqrt{3}\, U_N}{1\,000}}\ 100\%$$

unde :

X_N este reactanţa nominală ;
ω — frecvenţa în Hertz ;
L_N — inductivitatea nominală în milifarazi
I_N — curentul nominal în amperi ;
U_N — tensiunea nominală în volţi.

Pentru frecventa de 50 Hertz, expresia (1) poate fi scrisă astfel :

$$X_N = 54{,}4\,\frac{L_N I_N}{U_N}\,\%, \qquad (2)$$

După cum reiese din formula (2) atunci cînd curentul şi tensiunea sînt date poate fi determinată şi reactanţa nominală, dacă se cunoaşte inductivitatea L_N. De obicei se cunoaşte reac-

tanţa, iar inductivitatea se determină astfel;

$$L_N = \frac{X_N U_N}{54{,}4\ I_N} \text{ milihenri,} \qquad (3)$$

Acestea sînt principalele condiţii tehnice, cărora trebuie să le corespundă reactorii. Insă acestea nu sînt suficiente deoarece reactorul trebuie să aibă o rezistenţă mare dinamică şi termică. Numim stabilitatea dinamică a reactorului, capacitatea lui de a rezista eforturilor mecanice care apar între faze şi în interiorul fazelor atunci cînd prin reactor trece curentul de şoc. Pentru a micşora eforturile mecanice dintre faze, faza din mijloc se montează invers decît faza superioară şi cea inferioară.

Stabilitatea termică a reactorului se numeşte capacitatea lui de a suporta curentul staţionar de scurtcircuit şi depinde de pătratul curentului şi timpul în care trece. Dacă reactorul nu este just ales aceasta reprezintă un pericol mare

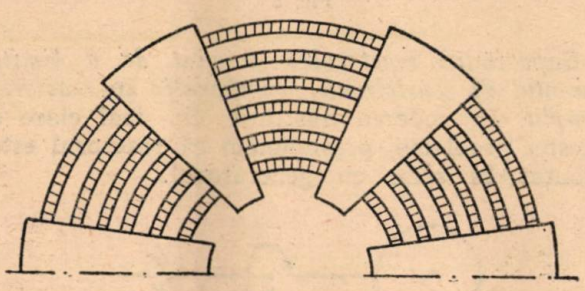


Fig. 2

întrucît avariile în reactor se pot transforma în scurtcircuit total la barele colectoare.

Pentru condiţiile de exploatare este important a cunoaşte:

1. Căderea de tensiune în reactor, care depinde de mărimea reactanţei şi de mărimea cos φ iar algebric poate fi exprimat astfel:

$$\Delta U = IX \cdot \sin\varphi\ ^0/_0 \qquad (4)$$

In regimul normal de exploatare căderile de tensiune pînă la consumator trebuie să fie cît mai mici, lucru foarte important pentru motoare.

2. Pierderile în reactor formează o fracţiune de procent faţă de puterea care trece prin el şi pot fi exprimate:

$$P = I_N^2 \cdot R \cdot Kw \qquad (5)$$

unde Kw este coeficientul pierderilor suplimentare şi care poate fi 1,1—1,3. Deoarece în sistemele electrice se duce lupta pentru obţinerea pierderilor minime, e important ca şi în fiecare elementele să fie minime. Aceasta se poate realiza îmbunătăţind condiţiile de ventilaţie. Temperatura de 75°C se socoteşte ca temperatură medie de exploatare a reactorilor cu bobine din cupru, iar pentru cei cu bobina de aluminiu se recomandă 60°C.

Construcţia reactorului. În fig.2 este reprezentată o secţiune printr-un reactor de beton. Bobina, dintr-un cablu format din mai multe filoane conductoare, acoperite cu 6—8 straturi de hîrtie, iar pe deasupra îmbrăcată cu o împletitură de bumbac, se înfăşoară pe un şablon special. Obişnuit cablul pentru reactori se execută din cupru. Insă practica a arătat, că poate fi executat şi din aluminiu. Cel mai important lucru în fabricarea reactorului îl constituie prelucrarea betonului. Coloanele de beton se supun unei prelucrări speciale, pentru ca să dispară orice urmă de umezeală, care ar putea favoriza formarea arcului electric între spire. Avînd în vedere, condiţiile avansate în care se produc acum reactorii, aceştia dau naştere la avarii doar în cazuri rare. Insuşirea fabricării reactorilor nu este o problemă prea grea şi ar putea fi făcută de către industria noastră electrotehnică, deoarece în procesul de electrificare lipsa unei baze proprii a producerii reactorilor poate da naştere la gîtuiri.

Tipul de reactor descris mai sus se aplică aproape cu exclusivitate atunci cînd este vorba de limitarea curenţilor de scurtcircuit.

Reactorii dubli sau schindaţi.

Principiul scindării bobinelor a căpătat în ultimul timp o răspîndire tot mai mare, datorită eficacităţii în limitarea curenţilor de scurtcircuit. Reactorii scindaţi au apărut pentru a înlătura neajunsurile reactorilor obişnuiţi ca: pierdere de tensiune, pierderi de energie relativ mari etc.

Reactorul cu bobina scindată este format din două secţii pentru fiecare fază. In punctul din mijloc al fiecărei faze se face alimentarea, iar extremităţile fiecărei faze servesc ca puncte de ieşire.

Dacă la reactorii obişnuiţi găsim două borne — una de intrare şi alta de eşire, reactorii scindaţi au trei borne: una de intrare şi două de eşire pentru fiecare fază.

Principiile de lucru şi schema echivalentă După cum rezultă din fig.3, cîmpul magnetic format prin trecerea curentului prin înfăşurarea *2* cuprinde şi înfăşurarea *2'*. La fel se întîmplă şi cu cîmpul creat de curentul I_2^1.

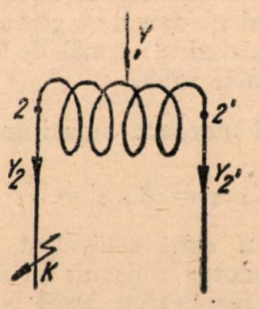


Fig. 3

Prin urmare reactanţa fiecărei secţii a reactorului scindat va fi compusă din reactanţe proprii (X_{1-2} şi X_{1-2^1}) şi reactanţa mutuală (X_m).

Intrucît cîmpurile magnetice create de cele două jumătăţi au direcţii opuse, aceasta ne arată că şi căderea de tensiune va fi mai mică. Dacă presupunem o punere la pămînt în punctul K, curentul din ramura *2* va fi mult mai mare decît cel din ramura *2'*. Reactanţa între punctul de alimentare şi punctul de punere la pămînt va fi influenţa şi reactanţa mutuală.

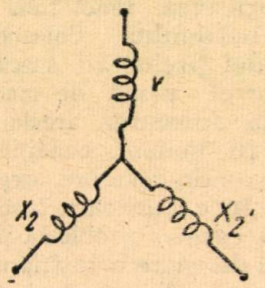


Fig. 4

Schema echivalentă a reactorului scindat poate fi reprezentată astfel:

Reactanţa mutuală X_m poate avea următoarele valori:

1. $X_m = 0$ In acest caz cele două jumătăţi nu sînt legate electric iar cazul este asemănător situaţiei legării a doi reactori în serie. Acest caz nu este aplicabil întrucît nu contribuie cu nimic la mărirea reacţiei totale.

2. $Xm < 0$ Curentul care trece printr-una din jumătăţile reactorului micşorează căderea de tensiune în cealaltă jumătate, întrucît curenţii în cele două jumătăţi merg în sens contrar. Acesta este un factor pozitiv care se foloseşte în aplicarea reactorului. Dacă reactanţa fiecărei ramuri nesocotind influenţa inducţiei mutuale este egală cu X_L. atunci reactanţa mutuală poate fi la limită egală cu X_L. Insă acest caz practic este greu de realizat şi în mod obişnuit $X_m = -0{,}5X_L$. In consecinţă în toate calculele se ia pentru X_m valoarea arătată.

3. $X_m > 0$ Aceasta înseamnă că, curentul care trece prin una din jumătăţile reactorului, crează în cealaltă jumătate o creştere de tensiune. Acest caz este însă inaplicabil, întrucît nu corespunde scopului nostru de a găsi un tip de reactor care să dea în regim normal de lucru căderi de tensiune cît mai mici.

Atunci cînd lucrează numai una din jumătăţi

$$X_{1-2} = X_{1-2'} = X_L \qquad (6)$$

Cazul acesta este echivalent cu acela dacă ar lucra un reactor obişnuit cu reactanţa egală cu a ramurii respective. Dacă bornele de ieşire sînt unite ca în fig.5, atunci reactanţa echivalentă va fi:

$$X_{ab} = X_m + \frac{X_2 X_2^1}{X_2 + X_2^1} \qquad (7)$$

Intrucît: $X_2 = X_2^1 = X_L - X_m = 1{,}5X_L$ atunci:

$$X_{ab} = \frac{X_L + X_m}{2} \qquad (8)$$

Iar reactanţa echivalentă între punctele *2* şi *2'* va fi:

$$X_{2-2'} = X_2 + X2' = 2\ (X_L - X_m) \qquad (9)$$

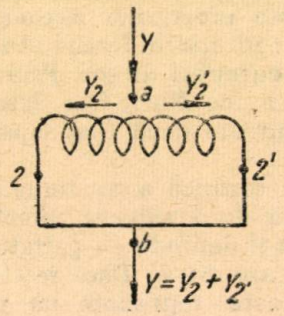


Fig. 5

Capacitatea reactorului scindat de a limita curentul de scurtcircuit, comparativ cu reactorul simplu. In vederea ilustrării cît mai clare a acestei probleme, presupunem că reactorul este montat în serie cu generatorul.

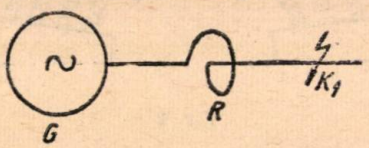


Fig. 6

Parametrii reactorului îi vom alege astfel: tensiunea nominală va fi aceea a generatorului, iar curentul nominal al reactorului din fig. 6 va fi egal cu al generatorului. Pentru reactorul scindat din fig.7, curentul nominal va fi jumătate din curentul nominal al generatorului. In ce priveşte reactanţa fiecărui reactor aceasta se alege astfel ca, curentul de scurtcircuit în punctul X_1 şi X_2 să fie suportat de întrerupători pe care vrem să-i instalăm. Presupunem că reactanţa reactorului obişnuit este egală cu a unei jumătăţi a reactorului scindat: $X = 6\%$, iar generatorul are următorii parametrii: 25.000 kW, cos $\varphi = 0{,}8$ $U = 6{,}3$kV; $I = 2860$ A. Atunci şi reactorul din fig. 6 va avea parametrii: $U = 6$ kV; $I_N = 3000$ A; $X = 6\%$; iar reactorul scindat din fig. 7: $U = 6$kV; $I_N = 1500$ A; $X_{1-2} = X_{1-2'} = X = 6\%$.

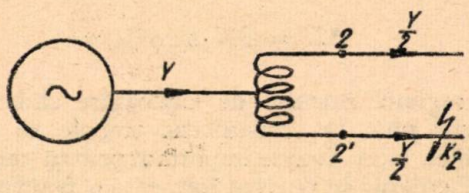


Fig. 7

Schema de calcul poate fi reprezentată ca în fig.8.

Luînd ca putere de bază puterea generatorului în mărimi relative vom avea: $Xg =$

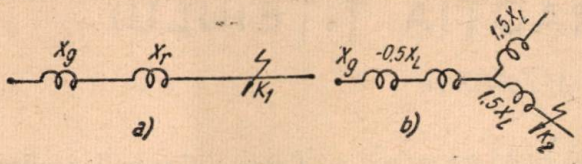


Fig. 8

$0{,}129$; reactanţa reactorului din fig. 8 *a*) $X = 0{,}06 \frac{2\,860}{3\,000} \cdot \frac{6}{6{,}3} = 0{,}0543$ însă pentru reactorul din fig. 8 b)

$$X = 0{,}06 \frac{2\,860}{1\,500} \cdot \frac{6}{0{,}3} = 0{,}1086.$$

După cum vedem reactorul scindat în comparaţie cu reactorul obişnuit dă o reactanţă de

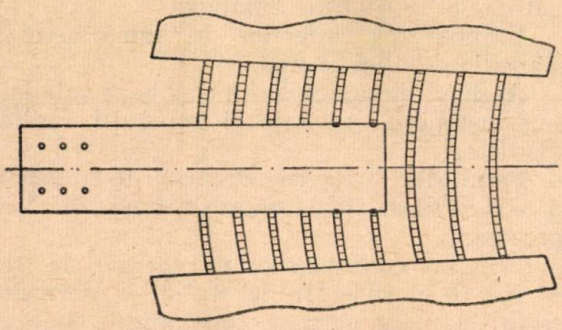


Fig. 9

două ori mai mare, iar căderea de tensiune după bornele de ieşire se obţine egală în regim normal. După cum rezultă, reactorul scindat înlătură lipsa reactorului obişnuit de a avea o cădere de tensiune mare la aceiaşi eficacitate în limitarea curentului de scurtcircuit. Constructiv nu se deosebeşte de reactorul obişnuit, decît că are pentru fiecare fază o bornă în plus. Procesul tehnologic este acelaş. Conductorul de intrare care formează borna mijlocie se sudează de spire, iar apoi se izolează dublu faţă de izolarea bobinei aşa cum se vede în fig. 9.

In concluzia analizei tipurilor existente de reactori se poate spune că reactorul cu miez de fier şi compensat cu curent continuu nu poate fi aplicat în scopul limitării curenţilor de scurtcircuit, datorită faptului că este prea costisitor, dă prea mari pierderi de energie şi tensiune în regim normal.

Reactorul cu coloane de beton reprezintă o construcţie mai simplă şi mai compactă şi se aplică întodeauna cînd trebuie limitat curentul de scurtcircuit pînă la mărimi admisibile pentru echipamentul electric atît din centrală cît şi de la consumatori.

Ca neajunsuri ale acestui tip se pot remarca pierderile de tensiune şi de energie relativ mari. Reactorul scindat dă o soluţie mai bună în sensul pierderilor şi are aceiaşi eficacitate în limitarea curenţilor de scurtcircuit ca şi reactorii obişnuiţi, însă cere ca în regim normal, sarcina pe cele două ramuri ($1-2$ şi $1-2^1$) să fie egală. Atunci cînd unica soluţie în limitarea curenţilor cu scurtcircuit o reprezintă aplicarea reactorilor, alegerea tipului de reactor se face de la caz la caz, comparîndu-se variantele respective din punct de vedere tehnic şi economic.

Bibliografie

[1] *Butchevici I., Mihailov V. Rotgaus I.*: Reactori. LEI, 1933.

[2] *Moijes I. L.*: Compensiorovanîi reactor. Electricestvo, Nr 2. 1941.

[3] *Merrik E.L.*: The duplex reactar and its application Gen. El. Rev., Nr. 9/1944.

★

РЕАКТОРЫ КАК СРЕДСВО ПО ОГРАНИЧЕНИЮ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

Резюме

Производится анализ существующих типов реакторов: реакторы с стальным сердечником компенсируемые постоянным током, простые бетонные реакторы и двойные или расщепленные реакторы.

В заключение указывается какой тип реактора является лучшим для ограничения токов к. з.

CONSIDERAŢII TEHNICE PRIVIND CONSUMURILE SPECIFICE DE ENERGIE ELECTRICĂ IN FORAJUL SONDELOR ŞI EXTRACŢIA ŢIŢEIULUI

Ing. TOMA A. COMĂNESCU

Pentru desfăşurarea unei activităţi energetice planificate, în domeniul forajului electric al sondelor şi extracţia ţiţeiului, autorul prezintă o serie de consideraţii tehnice în sprijinul celor chemaţi să rezolve această problemă. Scoţind în evidenţă dificultăţile obiective, se indică criteriile care trebuie avute în vedere atunci cînd se stabilesc normele specifice de consum, precum şi măsurile de ordin tehnico-organizatoric care trebuie să asigure realizarea unor norme cît mai reduse în scopul reducerii consumului de energie electrică.

Introducerea normelor tehnice privind consumul specific de energie electrică pe unitatea de produs — în toate domeniile de activitate petroliferă — implică o bună cunoaştere a condiţiilor tehnologice şi de exploatare în domeniul electroenergetic. Regimul diferit de solicitare a utilajului electric, chiar în funcţionarea normală a agregatului mecanic acţionat, precum şi diversitatea instrumentaţiilor accidentale, complică metoda stabilirii normelor tehnice de consum, care ar avea ca bază un consum de energie electrică corespunzător unei puteri medii absorbite şi producţia specifică realizată. Dacă vom considera forajul electric al sondelor şi extracţia ţiţeiului, cu instalaţii asemănătoare, funcţionînd în locaţii diferite, normele realizate vor diferi.

In aceste două domenii, forajul electric al sondelor şi extracţia ţiţeiului, se vor prezenta în cele ce urmează, cîteva consideraţii de ordin tehnic pentru stabilirea consumului de energie electrică raportat la unitatea de producţie, adică : la foraj kWh/m forat, iar la extracţia kWh/t ţiţei extras, ceea ce constituie de fapt indicii de bază ai consumului de energie electrică.

I. Forajul electric al sondelor

Forajul electric a căpătat o mare dezvoltare datorită performanţelor realizate privind vitezele mecanice şi comerciale şi în plus uşurinţei de transport, montaj şi exploatare, recomandabil în şantiere electrificate şi pentru toate adîncimile practicate astăzi.

Consumul total de energie electrică pentru foraj se compune din consumul de energie electrică pe următoarele elemente :

— Granice electrice de foraj, pompe de noroi, malaxoare de noroi şi alte mecanisme anexe la instalaţiile de foraj, inclusiv consumul de energie electrică necesar preparării noroiului de sapă (central sau la sondă).

— Iluminatul sondelor în foraj şi a bărăcilor lor.

— Instrumentaţii la sondele în foraj, precum şi consumul de energie electrică în perioada opririi forajului la sonde.

— Pierderile în postul de transformare şi linia electrică de utilizare a sondei de foraj.

Consumul specific realizat de energia electrică pe metru forat rezultă din împărţirea consumului total al energiei electrice la metrii foraţi, luînd în consideraţie consumurile specificate mai sus.

Nu se pot lua în consideraţie la stabilirea normei, următoarele consumuri de energie electrică, considerate consumuri nenormate, rezultate din următoarele activităţi auxiliare :

— Exploatarea carierelor de humă necesară preparării noroiului de sapă.

— Ateliere mecanice de foraj şi baze tubulare.

— Construcţii, montaje şi reparaţii capitale ale turlelor.

— Pierderile în reţelele electrice de transport, pînă la postul de transformare a sondei de foraj respective.

Din analiza consumurilor de energie electrică ce se iau în consideraţie la stabilirea normelor, intervin cu mare pondere consumurile aferente granicului de foraj şi pompelor de noroi, în operaţia propriu zisă de foraj şi în cazul instrumentaţiilor.

Regimul tehnologic al forajului impune echipamente electrice de puteri superioare celor necesare operaţiei propriu zise de săpare, în scopul de a face faţă operaţiilor de instrumentaţii, în general complicate şi grele. Tocmai în această condiţie obiectivă de lucru constă şi dificultatea stabilirii normelor, după principiile clasice şi simple, enunţate la început.

Această situaţie reiese clar din condiţiile de calcul a puterii necesare la foraj

a) Puterea necesară pentru săpare (P)

$$P(\text{kW}) = P_1 + P_2 + P_3 + P_4,$$

unde :

1. P_1(kW) — puterea necesară tăierii rocii (forării),

$$P_1 = 1{,}8\ p^{3,5} \times n^{\frac{2,17}{\sqrt{p}}} \times 10^{-3}$$

p — presiunea pe fundul găurii (t)
n — viteza mesei de foraj (rot/min).

2. P_2 (kW) — puterea necesară frecării sapei pe fundul găurii,

$$P_2 = \frac{\mu \cdot Q \cdot \pi \cdot d \cdot n}{2 \times 60 \times 102 \times 100}$$

μ — coeficientul de frecare a sapei
Q — presiunea pe sapă (kg)
d — diametrul sapei (cm).

3. P_3 (kW) — puterea necesară rotirii prăjinilor de foraj

$P_3 = (1+0{,}002\ \gamma \cdot H) \cdot n^{1,5} \cdot 10^{-2}$

γ — densitatea noroiului (kg/dm³)

H — adîncimea sapei (m).

4. P_4 (kW) — puterea necesară rotirii sapei în sonda plină cu noroi.

$P_4 = 3{,}3 \times 10^{-10} \times S \times n^3$

S — suprafaţa sapei (cm²).

Din cele 4 elemente P, importanţi ca valoare sînt P_1 şi P_3.

Dacă ţinem seama că în forajul cu motor electric de adîncime se suprimă termenul P_3 puterea necesară rotirii prăjinilor de foraj, rezultă marele avantaj al acestui sistem şi reducerea substanţială a normelor de consum specific realizate. In forajul cu turbină se elimină total factorul P (puterea necesară pentru săpare).

Analizînd acest indicator de calcul, se vede clar că la acelaşi echipament de adîncime al sondei, pentru acelaşi echipament de suprafaţă şi forînd la aceeaşi adîncime, sînt încă o serie de elemente, ca : p, n, π, Q, γ, care la un moment anumit pot influenţa solicitarea motorului electric deci şi consumul de energie electrică pe metru forat, la o serie de instalaţii identice. Elementele de bază rămîn însă adîncimea şi viteza medie de avansare a sondei.

b) Puterea necesară pentru manevrarea cu troliul de foraj (P)

$$P(\text{kW}) = \frac{Q \cdot \pi \cdot D_m \cdot n}{m \times 60 \times 102 \times \eta_t}$$

unde :

1. Q = sarcina (kg) pe care o manevrăm = = Q_1 la cîrlig + Q_2 sarcina moartă = = (Q_1 pentru : garnitura de foraj + prăjina patrată + capul hidraulic) + (Q_2 pentru : cîrlig + macara + greutatea parţială a cablului).

In aplicaţii vom ţine seama că :

— După ce se calculează greutatea garniturii de foraj (l garnitură × kg/m), se reduce rezultatul obţinut cu 15% (plutirea garniturii în noroiul de densitate γ).

— La calculul greutăţii parţiale a cablului, se ţine seama de distanţa de la geamblac la masa rotativă, din care se scade distanţa reprezentată de ansamblul (chiolbaşi + cîrlig + macara). Fie acest rezultat h.

Dacă notăm cu :

f — numărul de fire cu care se trage la macara,

q — greutatea kg/m a cablului considerat,

r — numărul rolelor macaralei, vom calcula :

Greutatea parţială a cablului = $\frac{f \times h \times q}{r}$

2. D_m = diametrul mediu al tobei =

$$= \frac{\text{Diametrul tobei} + \text{Diametrul tobei cu două rînduri de cable}}{2}$$

3. n = viteza de rotaţie a tobei (ţinînd seama de viteza axei de transmisie a troliului, adică de raportul motor—reductor, pentru fiecare din vitezele de lucru : n_1, n_2, n_3, n_4, corespunzînd la valori diferite pentru P).

4. m = numărul firelor macaralei = 2 x numărul rolelor macaralei.

5. $\eta_t = \eta_{transmisie} \times \eta_{tr.liu} \times \eta_{macara\ geamblac}$ = randamentul total.

După ce se calculează valorile $P_1 \ldots P_4$, corespunzător la vitezele de lucru $n_1 \ldots n_4$, se alege motorul respectiv din gama de puteri standardizate, admiţînd eventual ipoteze ca de la o anumită adîncime a sondei, să fie interzis lucrul cu unele viteze, care ar necesita puteri prea mari pentru motor.

Analizînd acest indicator de calcul, apare clar că puterea calculată este considerată pentru manevra garniturii de foraj, în faza finală a sondei. Gradul de solicitare al motorului — ca putere — respectiv energia electrică consumată pentru o anumită instrumentaţie depinde de adîncimea la care se efectuează instrumentaţia, element care nu poate fi anteevaluat.

Interesant este faptul că tocmai numărul şi natura instrumentaţiilor măresc considerabil consumul de energie electrică, fără însă a contribui la realizarea de metri.

c) Puterea necesară pentru pompele de noroi

$$P\,(\text{kW}) = \frac{Q \cdot H}{\eta_{transmisie} \times \eta_{pompe} \times 102}$$

unde :

Q - debitul în l/s (la noroi kg/s) ;

H - presiunea metri coloană de apă ($p \times 10$).

Pentru determinarea factorului H, se ţine seama că el se compune dintr-o serie de elemente, după cum urmează :

1. p_1 = pierderea de presiune în sistemul de circulaţie (kg/m²)

$$p_1 = L\left(1{,}78\,\frac{Q^{1,85}}{d^{4,85}} + \frac{3{,}88}{d}\right)$$

L = adîncimea sondei (m)

Q = debitul de lucru (m³/s)

d = diametrul interior al prăjinilor (m).

2. p_2 = pierderea de presiune în spaţiul inelar (kg/m²)

$$p_2 = L\left[1{,}78 \cdot \frac{Q^{1,85}}{(D-d_1)^{2,85} \cdot (D+d_1)^2} + \frac{3{,}88}{D-d_1}\right]$$

D = diametrul găurii sondei (m)

d_1 = diametrul exterior al prăjinilor (m)

3. p_3 = pierderea de presiune în mufe (kg/m²)

$$p_3 = \frac{8 \cdot \gamma}{\pi^2 \cdot g}\left[\left(\frac{1}{d'}\right)^2 - \left(\frac{1}{d}\right)^2\right]^2 \cdot Q^2 \cdot \frac{L}{l}$$

d' = diametrul interior al mufelor (m)

l = distanţa dintre mufe (m),

4. p_4 = pierderea de presiune în manifold (kg/m²)

$$p_4 = 13{,}1 \times 10^6 \times Q^{1,85} + 7.040.$$

Cu acestea elemente calculate se determină :

$$P_1(\text{kg/m}^2) = p_1 + p_2 + p_3 + p_4.$$

5. Ținînd seama și de diferența între valoarea densității noroiului în interiorul prăjinilor (γ_1) și în spațiul inelar (γ_2) se calculează pierderea de presiune p_0 (kg/m²).

$$P_0 = \frac{L(\gamma_2 - \gamma_1)}{\gamma_1 \times 10}$$

Acestea fiind cunoscute, determinăm:

$$H = P_1 + P_0 \ (\text{kg/m}^2)$$

care se transformă în kg/cm² (p) și apoi în metri coloană de apă.

Analizînd acest indicator de calcul, remarcăm dependența puterii P de o serie de elemente variabile în cursul forajului, dintre care cu mare coeficient de pondere, intervin factorii Q și L.

Practica ne confirmă o serie de rezultate extrem de variate, în realizările consumurilor specifice de energie electrică pe metrul forat, în cadrul forajului electric (exploatare și explorare). Studiind aceste rezultate realizate în cadrul aceleiași unități operative, remarcăm variații mari de la o lună la alta pe total și chiar la sonde similare forînd aceeași structură, se realizează consumuri specifice diferite.

In aceeași regiune constatăm valori cu totul diferite de la o lună la alta și din rezultatele statistice menționăm ca exemplu un consum de 99 kWh/metru forat în luna aprilie și 400 kWh/metru forat în luna ianuarie a aceluiași an.

Este evident că nu se pot determina norme de consum pe baza unor cifre statistice atît de diferite, atît la forajul electric rotativ, cît și la cel cu turbină.

Concluzia la care trebuie să rămînem este că normele trebuie stabilite pentru fiecare regiune separat, pentru sonde aproximativ de aceeași adîncime și cu viteză de avansare medie asemănătoare — respectiv cu un timp total de săpat asemănător — elemente care pot fi normate în forajul de exploatare.

Pe baza realizărilor statistice, se pot elabora curbe de consumul specific de energie electrică în funcție de durata forajului, valabile pentru regiunea studiată.

Deși în forajul de exploatare datele de consum sînt mult mai variate, se pot trasa totuși curbe pentru anumite regiuni și în acest caz.

In ambele cazuri — exploatare și explorare —, din curbele cunoscute, se pot deduce pentru aceeași regiune altele, pentru viteze de forare diferite.

De fapt, nu există o metodă unică de determinarea normelor de consum la forajul sondelor de petrol, iar normele generale anuale rezultate pentru fiecare regiune petroliferă pe bază de consum real, diferă de multe ori pînă la 100% față de normele anticipate în deviz, pe baza adîncimilor similare.

De asemenea, o normare numai în funcția de viteza de avansare, de la caz la caz, conduce la erori importante.

Procedînd la o normare în funcție de cei doi factori importanți ce pot varia, adică viteza de avansare a sapei — anticipată pentru diferite regiuni — și adîncimea proiectată a sondei, se poate ajunge la rezultate aproape de realitate.

Metoda are la bază următoarele considerații tehnico-științifice:

— consumul de energie electrică W, este dat de relația:

$$W = T_{productiv} \times P_{medie} \qquad (1)$$

în care T este timpul productiv cît lucrează motorul electric;

p — puterea medie absorbită.

Puterea medie se compune din doi termeni:

a) $P_{medie\,H}$ — determinată de consumuri proporționale cu adîncimea sondei (a se vedea indicatoarele de calcul). Teoretic, putem considera:

$$P_{med.\,H} = b + cH^n$$

b) $P_{med.\,V}$ determinată de viteza de avansare (a se vedea indicatoarele de calcul, unde rezultă că dacă viteza este mai mare, atunci și puterea absorbită este mai mare — cazul forajului forțat).

Teoretic, putem considera:

$$P_{med.\,V} = d \cdot V^m.$$

Rezultă deci:

$$P_{med} = P_{med.H} + P_{med.V} = b + c \cdot H^n + dV^m.$$

Pe de altă parte, timpul productiv față de durata totală a forajului rămîne practic neschimbat, la orice adîncime a sondei:

$$\frac{T_{prod.}}{T} = \text{constant}$$

T — timpul total, exprimat în granic-lună, este dat relația:

$$T = \frac{H}{V}$$

în care:

H este adîncimea sondei (m)

V — viteza de avansare (m granic-lună)

Deci:

$$T_{prod} = e \cdot T = e \cdot \frac{H}{V}$$

Rezultă deci — unind coeficienții — pentru relația (1):

$$W = (b_1 + c_1 H^n + d_1 \cdot V^m) \frac{H}{V}$$

Dacă raportăm această energie electrică W consumată, la numărul de metri forați (adîncimea sondei = H) și notînd consumul specific kWh/metru forat, cu „a", rezultă:

$$a = \frac{b_1 + c_1 H^n}{V} + d_1 \cdot V^{m-1}$$

După rezultatele verificate de practică, rezultă $m = 2$ și $n = 1$, deci formula se simplifică și devine:

$$a = c_1 \frac{H}{V} + \left(\frac{b_1}{V} + d_1 \cdot V\right)$$

în care primul termen are o valoare însemnătoare.

Luînd în considerație dependența calitativă față de condițiile de foraj, formula se poate aproxima sub forma:

$$a = C_1 \frac{H}{V} + D = C_1 \cdot T + D.$$

Se demonstrează că pînă la urmă, consumul specific „a" — kWh/m forat — depinde de raportul dintre adîncimea sondei H şi viteza medie de avansare V (respectiv $\frac{H}{V} = T$), adică de T — respectiv durata forajului (fig. 1).

Din curba iniţială $a = f(T)$, se pot deduce curbele $a = f(H)$, la diferite viteze, precum şi curbele $a = f(V)$ la diferite adîncimi H (fig 2).

factori principali, care determină condiţiile forajului : viteza de avansare planificată — care caracterizează randamentul procesului de foraj — şi adîncimea proiectată a sondei. Considerarea celorlalţi factori, ca duritatea rocelor, devierea sondei, etc., ar complica inutil calculele, fără a contribui la o mai mare precizie a normei şi de altfel, aceşti factori s-au avut în vedere la planificarea vitezei forajului.

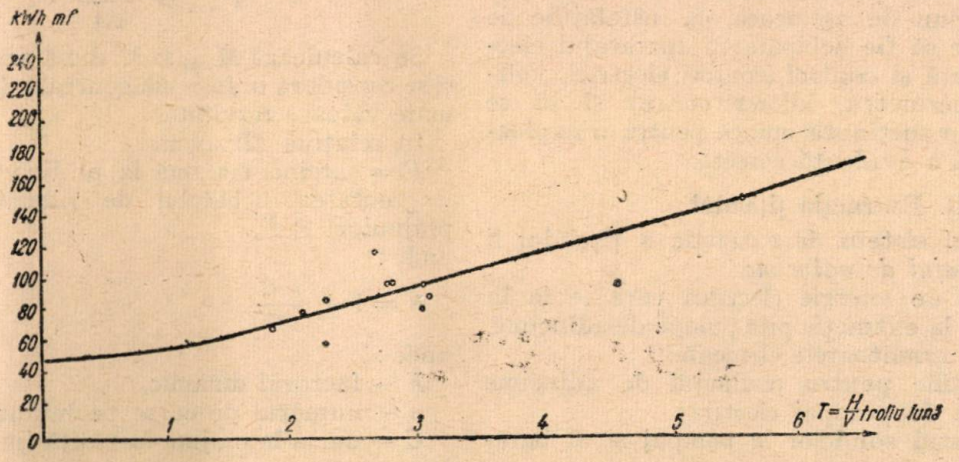


Fig. 1

Pentru a se evita erori în folosirea acestor curbe, se va ţine seama de următoarele :

— Nu se va face extinderea normelor la un grup de sonde, la care vitezele diferă prea mult între ele, faţă de vitezele sondelor pe baza cărora s-au trasat curbele primare.

O importantă contribuţie la reducerea normelor de consum de energie electrică o au însă şi măsurile de ordin tehnico-organizatoric în domeniul exploatării energetice raţionale a utilajului, ca :

— Echiparea granicului de foraj cu motoarele

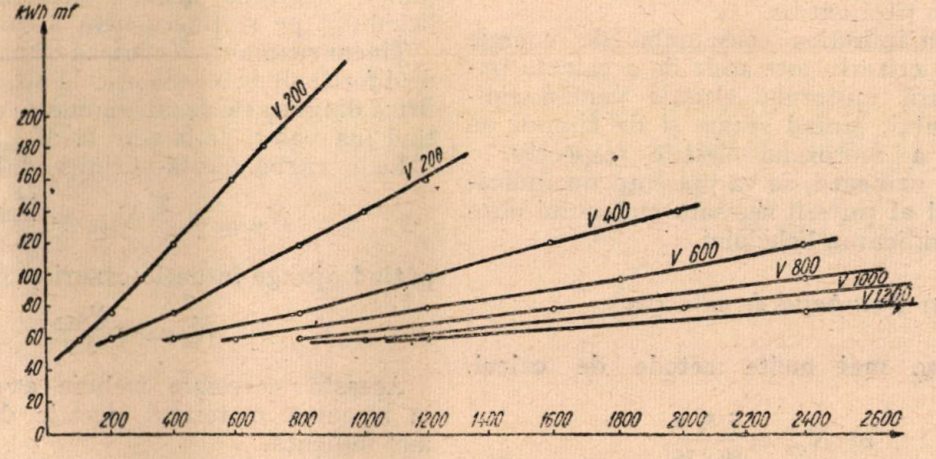


Fig. 2

— Nu se va uni în acelaşi grup de sonde, cele de explorare şi cele de exploatare, normarea lor urmînd a se face în mod separat.

Deoarece consumurile specifice sînt direct proporţionale cu adîncimea de foraj, încluderea mai multor sonde cu adîncimi diferite, dintr-o regiune, într-o singură grupă, nu conduce la erori prea mari.

In concluzie, norma trebuie stabilită după curba fiecărei regiuni petrolifere, în funcţie de durata medie de forare a sondei. In stabilirea curbei fiecărei regiuni, avem în vedere cei doi

electrice de puterea cea mai indicată, rezultată după un prealabil calcul.

— Funcţionarea în mod obişnuit la granic cu un singur motor electric şi cuplarea celui de al doilea numai cînd este necesară o putere suplimentară, în caz de extragerea garniturii de foraj, instrumentaţii, etc., prin folosirea dispozitivelor electromagnetice de cuplare de la distanţă.

— Echiparea pompelor de noroi cu motoare electrice de putere maximă efectivă ce ar fi necesară în regimul de mers în paralel al pompe-

lor, evitînd motoarele de puteri mai mari. Regimul de mers în paralel al pompelor este de-altfel recomandabil.

— Realizarea condiţiunilor optime de funcţionare a agregatelor mecanice : granic şi pompe şi a instalaţiei electrice, evitînd mersul în gol al motoarelor.

— Reducerea pierderilor, legate de transportul de energie electrică.

Pentru o bună înregistrare a normelor de consum, se impun de asemenea, ca instalaţiile de foraj electric să fie echipate cu aparatajul electric de măsură şi control (contori electrici, voltmetru, ampermetru, kilowattmetru) şi să se urmărească o susţinută muncă pentru o exploatare justă şi o evidenţă corectă.

II. Extracţia ţiţeiului

Principalul sistem de extracţie a ţiţeiului îl ocupă *pompajul de adîncime.*

Consumul de energie electrică care se ia în consideraţie la extracţia prin pompe de adîncime, se referă la următoarele elemente :

— instalaţiile pentru pompajul de adîncime şi centralele de pompaj electric ;

— iluminatul sondelor în pompaj şi al barăcilor anexe ;

— spălarea, curăţirea şi reparaţiile curente ale sondelor exploatate în pompaj, precum şi punerea în exploatare a sondelor din reparaţie.

Impărţind consumul total de energie electrică realizat conform celor de mai sus, kWh — la cantitatea totală de ţiţei extras prin pompaj de adîncime sau centrale de pompaj — tone, rezultă consumul specific de energie electrică — kWh/tona de ţiţei extras.

Pentru preliminarea consumului de energie electrică, un criteriu este acela de a calcula puterea necesară motorului electric pentru ridicarea lichidului, ţinînd seama şi de timpul de funcţionare a motorului electric respectiv.

In cele ce urmează, se va prezenta un indicator de calcul al puterii necesare motorului electric pentru ridicarea lichidului.

a) Pompajul de adîncime

Se folosesc mai multe metode de calcul. Astfel :

$$a)\ N_{CP} = \frac{G\ S_0 \cdot n}{60 \times 75}$$

unde :

G este greutatea lichidului de ridicat (kg) ;

S_0 — cursa punctului de suspensie al prăjinilor (m) ;

n — numărul de curse pe minut.

$$b)\ N_{CP} = \frac{M_{max} \cdot \omega}{75\eta} = \frac{M_{max} \cdot 2\pi n}{60 \times 75\eta} = \frac{M_{max} \cdot n}{716\eta} \qquad (1)$$

unde :

M_{max} este cuplul maxim al reductorului (kgm) ;

η — randamentul instalaţiei ;

$\omega = \frac{2\pi n}{60}$;

n — numărul curselor pe minut.

Mai departe :

$$M_{max} = \left(P_{max} - G\right) \cdot \frac{C}{2}$$

sau

$$M = 0{,}4 \cdot P_{max} \cdot \frac{C}{2} \cdot \qquad (2)$$

unde

$$P_{max} = \frac{P_{sarcină}}{0{,}4} .$$

Se calculează M_{max} şi M după ambele formule şi se consideră în formula generală (1) cu cea mai mare valoare rezultată.

In relaţiile (2) avem :

P = sarcina maximă la prăjina lustruită (kg) = greutatea lichidului de ridicat + greutatea prăjinilor) $\times F$,

unde :

$$F = 1 + \frac{n \cdot C}{137}$$

unde :

F — factorul dinamic,

n — numărul de curse pe minut,

C — cursa la prăjina lustruită (m),

iar

$$C = \frac{C' + A}{k}$$

unde :

C' — cursa efectivă a pistonului (m),

A — alungirea totală (m),

k — factorul de supracursă,

G — contrabalansarea (kg) = (greutatea prăjinilor, neglijînd lichidul dislocuit + greutatea lichidului pe secţiunea netă a pistonului).

Ţinem seama că M variază după o curbă destul de diferită de la o instalaţie la alta, aşa cum confirmă diagramele de dinamometrare la sonde, putînd lua valori de la zero la M_{max}.

La o curbă ideală — sinusoidală — a lui M :

$$N_{mediu} = \frac{2}{\pi} N_{max} = \frac{N_{max}}{1{,}57},$$

putînd ajunge în unele cazuri şi la

$$N_{mediu} = \frac{N_{max}}{3{,}5} .$$

Această corectare trebuie avută în vedere în alegerea motorului electric de puterea cea mai indicată.

Formula generală care ne interesează în calcul pentru ridicarea lichidului prin pompă, este :

$$N_{CP} = \frac{1\,000\ Q \cdot L}{75 \times 60 \times 60 \times 24 \times \eta} = \frac{Q \cdot L}{6.480\,\eta}$$

unde :

Q este debitul de lichid în tone/24 ore,

L — înălţimea ridicării lichidului = adîncimea sondei (m).

Considerînd un randament $\eta_{total} = 0{,}3$ pe toată instalaţia, rezultă :

$$N_{CP} = \frac{Q \cdot L}{1940} = 0{,}000.515\ Q.L.$$

unde Q şi L au semnificaţiile de mai sus.

Odată calculată această putere utilă, se alege motorul electric respectiv, ţinînd seama de gama de puteri standardizate, dar la estimarea energiei electrice consumate, se ţine seama de puterea medie utilă, calculată.

b) Centralele de pompaj

$$N_{CP} = \frac{n}{60 \times 75} \cdot \Sigma G_i \cdot S_i$$

unde :

n este numărul de ture pe minut al centralei de pompaj ;

$\Sigma G_i . S_i$ — suma produselor eforturilor în prăjinile de pompare, cu cursa respectivă a punctului de suspensie pentru toate sondele acţionate prin centrală (kgm).

Pentru calculul puterii efectiv necesare se aplică formula :

$$N_{ef\ CP} = \frac{n \cdot k \cdot \Sigma G_i \cdot S_i}{60 \times 75 \times \eta}$$

unde : k este coeficientul de iregularitate a funcţionării centralei de pompaj ; η = randamentul mecanic al centralei de pompaj iar restul notaţiilor, ca mai sus.

Pe baza acestui calcul, ca şi la unităţile de pompaj de adîncime se alege motorul electric din gama de puteri standardizate, iar puterea efectiv necesară rezultată din calcul, o luăm ca bază în estimarea consumului de energie electrică.

In concluzie, normarea consumului de energie electrică se poate rezolva considerînd puterea medie necesară pentru operaţia de pompaj la fiecare unitate de pompaj, sau la fiecare centrală de pompaj în parte, folosind formulele de mai sus.

O complicaţie în această problemă este faptul că prin pompaj nu se extrage numai ţiţei, ci se extrage lichidul brut, din care ţiţeiul reprezintă o cotă, care — în timp, — chiar la aceeaşi sondă, este variabilă.

Se poate norma deci kWh/tona de lichid brut extras fără a putea estima anticipat norma — —kWh/tona ţiţei extras.

Astfel prezentîndu-se situaţia, în cele mai multe cazuri se face apel şi la rezultatele statistice de realizări.

In scopul reducerii normelor de consum de energie electrică la extracţia ţiţeiului, se recomandă o serie de măsuri tehnico-organizatorice ca :

— Intrebuinţarea motorului electric de puterea cea mai indicată, ţinînd seama de rezultatele calculului prezentat.

— Echilibrarea judicioasă a pompei prin contragreutăţi, urmărindu-se să se egaleze efortul la manivelă la cursa ascendentă şi descendentă. In felul acesta se reduc vîrfurile de putere cerute motorului electric, deci ne permite să utilizăm un motor electric de putere mai mică, realizînd un randament mai bun şi un factor de putere mai mare.

In felul acesta, reductorul este supus la eforturi minime, încălzirea motorului va fi mai mică şi funcţionarea lui va fi mai bună.

Controlul echilibrării pompei trebuie făcut periodic ; dezechilibrarea se produce prin modificarea greutăţii coloanei de lichid, lucru destul de frecvent în funcţionarea unei sonde.

— Imbunătăţirea tehnologiei extracţiei, respectiv prin deparafinarea la timp a sondelor şi prin realizarea condiţiilor optime de funcţionare ale instalaţiilor mecanice.

— Echiparea instalaţiilor electrice cu aparate electrice de măsură şi control (contori electrici, voltmetru şi ampermetru).

— Utilizarea centralelor de pompaj acolo unde sînt indicate din punctul de vedere al tehnologiei extracţiei, adică dacă sînt grupuri de sonde cu regim stabilizat.

— Reducerea pierderilor legate de transportul de energie electrică.

Problema normării consumurilor specifice de energie electrică în forajul electric al sondelor şi extracţia ţiţeiului este amplă şi dificilă, necesitînd o bază ştiinţifică, şi un bogat material documentar şi statistic.

Bibliografie

[1] *Sişkin O. P.* : Determinarea normelor de consum de energie electrică, în funcţie de viteza de avansare şi adîncime a sondelor. Buletinul Energetic, Nr. 4/1950.

[2] *Carp I.*, ing. : Studiu asupra consumurilor specifice de energie electrică în ramura de producţie petroliferă.

[3] *Dragotescu N.*, ing. şi *Dragomirescu N.* ing. : Studiul ştiinţific al pompajului.

★

ТЕХНИЧЕСКИЕ СООБРАЖЕНИЯ О УДЕЛЬНЫХ РАСХОДАХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ БУРЕНИИ И ДОБЫЧЕ НЕФТИ

Р е з ю м е

Для планового развития энергетической деятельности в области электрического бурения и добычи нефти, автор представляет ряд технических соображений.

Подчеркивая объективные трудности, указываются критерии которые необходимо принять во внимание при установлении удельных норм потребления, а также и технико-организационнеы меры для осуществления самых низких норм, ввиду уменьшения потребления электроэнергии.

DESCĂRCĂTOR HIDRAULIC COMPLEX

Prof. Dr. Ing. DORIN PAVEL
Laureat al Premiului de Stat

Pentru descărcarea apelor maxime, se folosesc deversori şi sifoane obişnuite, care dau debite unitare relativ mici şi necesită lungimi mari de coronament. Prin descărcători denumiţi aici complexi, cum arată exemplele din fig. 1, 2, 3, se poate spori debitul la dublul sau chiar triplul celui obişnuit, ceea ce reprezintă un avantaj hidraulic şi economic.

La proiectarea barajelor, asigurarea descărcării debitelor maxime prezintă, în multe cazuri, dificultăţi, care se accentuează mai ales :

— la defilee înguste, unde lungimea coronamentului barajului L este mică în raport cu înălţimea H, aşa că nu se poate desfăşura deversorul ;

— la baraje de zidării uscate, anrocamente, pămînt sau mixte, peste care nu se pot amplasa deversori, sifoane automate, sau stavile şi unde se construiesc deversorii prin derivaţii pe maluri ;

— la baraje pe rîuri cu debite maxime anormal de mari, faţă de gabaritele construcţiilor hidrotehnice.

Debitele maxime Q_{max} se stabilesc, de la caz la caz, pe baza observaţiilor hidrometrice după diferite metode şi prescripţii, dintre care cele sovietice sînt mai precise. După gradul de importanţă a barajului : $Q_{0,01}$ se dimensionează descărcătorii pentru maximul de frecvenţă 1/10 000 ani, respectiv $Q_{0,1}$ la 1/1 000 ani, etc. Descărcarea debitului maxim se face prin mai multe instalaţii de descărcare :

$$Q_{max} = Q_d + Q_s + Q_f + Q_i + Q_a (m^3/s),$$

în care deversorii, cu sau fără stavile, debitează Q_d, sifoanele Q_s, golirile de fund sau cele de deviere Q_f, prin centrală Q_i şi Q_a, datorită atenuării în lac prin volumul de protecţie împotriva inundaţiilor V_p, socotit de la nivelul lacului static plin pînă la nivelul maxim.

Stabilirea fiecărui debit în parte se face la proiectare, pe baza calculelor tehnice-economice, care trebuie să dea soluţia cea mai raţională. Deşi în literatură nu sînt date reguli riguroase pentru subîmpărţirea debitului pe componente, putem face unele recomandări principiale. Astfel, în cele mai frecvente cazuri, la baraje cu acumulări anuale sau supraanuale, rezultă ca economic $Q_f = k(Q_d + Q_s)$, fiind $k = 0,18 - 0,22$. Debitul instalat în centrală Q_i, determinat prin alte calcule hidroenergetice şi economice, nu este dependent direct de Q_{max}. Atenuarea undei de inundaţii şi a lui Q_a, prin volumul de protecţie V_p (aproximativ 10—15% din volumul util al lacului), se poate determina grafic-analitic numai cunoscînd forma undelor şi intensităţile maxime [1]. Astfel se poate determina $Q_d + Q_s = Q_{max} - Q_f - Q_i - Q_a$, de la caz la caz şi se dimensionează deversorii şi sifoanele. In cele mai frecvente cazuri, se folosesc numai deversori fixi, sau deversori cu stavile. Folosirea numai a sifoanelor nu este admisă, deoarece — pentru evacuarea lemnelor şi gheţurilor — este necesar şi un deversor. Sifoanele şi deversorii se construiesc ca instalaţii independente, uneori alăturate, alteori în locuri cu totul diferite.

Dezavantajele deversorului fix şi sifonului obişnuit. Deversorul fix de lungimea b cu muchie rotunjită, descarcă debitul $Q_d = \frac{2}{3} \mu\, bh \sqrt{2gh} = 2,953\, \mu\, bh^{3/2}$ (m³/s), sau debitul unitar $q_d = 2,953\, \mu\, h^{3/2}$ (m³/s/ml). Cum înălţimea apei peste coroana deversorului fix h (măsurată la o distanţă de cel puţin $3h_{max}$ amonte de deversor), depăşeşte rar 3 m, rezultă că $q_d = 2,953 \cdot 0,63 \cdot 3^{3/2} = 9,67$ nu poate creşte peste 10 (m³/s/ml). Coeficientul de scurgere se calculează în funcţie de contracţia b/B şi de adîncimea apei (a) de la coroana deversorului pînă la talvegul amonte, de exemplu după

$$\mu = \left[0,578 + 0,037 \left(\frac{b}{B}\right)^2 + \frac{3,615 - 3\left(\frac{b}{B}\right)^2}{1\,000h - 1,6} \right] \left[1 + 0,5 \left(\frac{b}{B}\right)^4 \left(\frac{h}{h+a}\right)^2 \right].$$

Datorită lui $q_d \leqslant 10$, deversorul trebuie să se desfăşoare pe o lungime la coronament $b = \frac{Q_d}{q_d} \geqslant 0,1 Q_d$ foarte mare, ceea ce constituie dezavantajul principal al deversorului fix.

Coronamentul barajului serveşte drept cale de comunicaţie de pe un mal spre celălalt, aşa că peste deversor trebuie construit un pod de lungimea $b + x\,\Delta\, b$, uneori foarte mare, cu pile groase de cîte $\Delta\ b$ (1—2 m). Astfel, construcţia se scumpeşte, ceea ce reprezintă un dezavantaj economic al deversorului fix.

Aceste dezavantaje pot fi atenuate în parte prin adoptarea de stavile reglabile sau automate, puse pe creasta deversorului.

Sifonul obişnuit limitat la căderea $H_0 < 7$ m, cum se recomandă în literatură, dă debitul unitar $q_s = \mu_s a \sqrt{2gH_0} < 13$ (m³/s/ml), avînd $\mu_s \sim 0,7$ şi înălţimea secţiunii de ieşire $a \leqslant 1,5$ m. Deşi $q_s > q_d$ se vede că nu s-a sporit esenţial capacitatea descărcătorului, deoarece — cum s-a arătat — nu se poate construi sifonul fără a avea alăturat şi un deversor pentru evacuarea lemnelor, frunzelor şi gheţurilor din lac.

Descărcătorul complex. Ţinînd seamă de necesitatea de a reduce lungimea descărcătorului prin sporirea debitului unitar q, se pot realiza descărcători de diferite tipuri.

In fig. 1, se arată combinarea unui sifon de mare cădere [2], cu un deversor suprapus peste capota sifonului şi cu o clapetă autobasculantă la intrarea în sifon care dă, conform aplicaţiilor numerice de mai jos, un debit unitar total limitat de forţele de eroziune şi antrenare aval de baraj.

Aplicaţie. Pe baza fig. 1, se calculează mai întîi sifonul după metoda expusă şi folosind toate notaţiile din bibliografie [2], fiind în exemplul

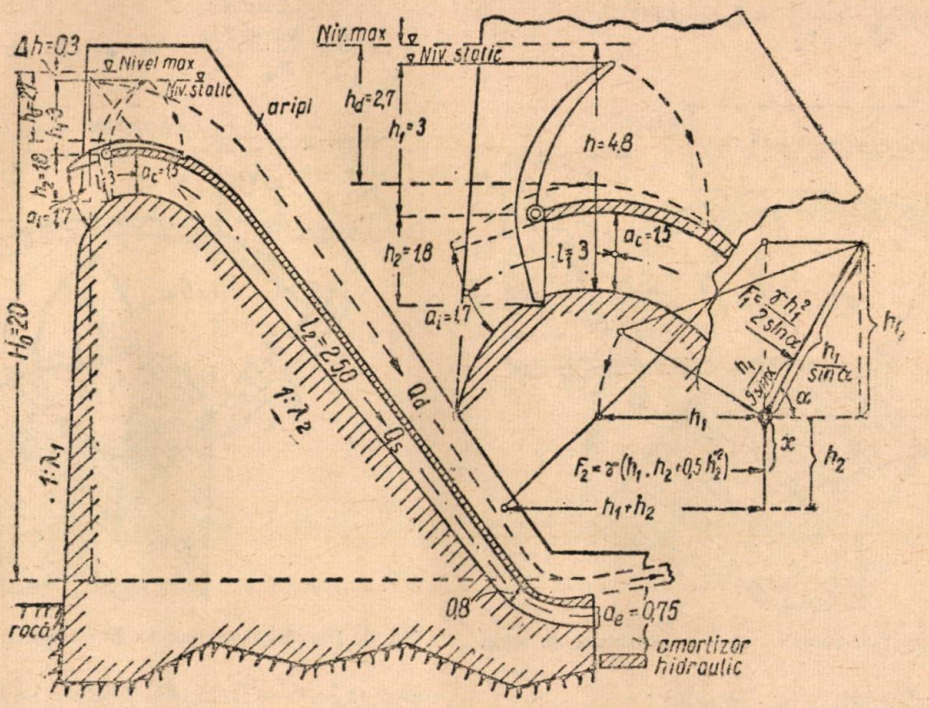


Fig. 1. Descărcător hidraulic complex

$q = 19{,}3$ (m³/s/ml) aproape dublu faţă de deversorul obişnuit.

O variantă a descărcătorului complex, prezentată în fig. 2, sporeşte debitul sifonului şi diminuează înălţimea deversorului liber, folosind clapeta de genul vanei fluture, cu acţiune automată directă. Acest descărcător poate da debitul unitar $q = 26{,}0$ m³/s/ml, de 2,6 ori cît un deversor obişnuit.

Fig. 3 arată o altă variantă analoagă celei precedente, care foloseşte însă ca organ de închidere un sector automat, cunoscut în hidrotehnică. Acest descărcător poate da $q \geqslant 26$ la $a_c = 3$ şi $h_d = 1{,}7$, sau $q \leqslant 19$ la $a_c = 2$ şi $h_d = 1{,}7$ m.

Se întrevăd şi alte soluţii, care nu se mai urmăresc în acest articol.

In cazul cînd defileul în care se construieşte barajul este foarte îngust şi barajul mai înalt, se poate pe de o parte spori căderea H_0 — aşa cum s-a arătat în bibliografie [2], pe de altă parte se pot introduce tubaţii de goliri de fund care debitează tot în salteaua hidraulică din aval de descărcătorul complex. In acest fel, poate fi sporit debitul unitar şi mai mult. In ultimul caz, trebuie însă verificat dacă sporirea debitului unitar q poate conduce la amortizarea energiei hidraulice în salteaua din aval, ţinînd seama de constituţia rocii în aval de baraj. La roci dure şi compacte, este evident că nu se pune problema unor eroziuni puternice pe sectorul aval de baraj, însă la roci mai moi q este acesta secţiunea de ieşire $S_e = b\,a_e = 4.0{,}75 = 3$ m³, la capotă $S_c = 4a_c = 6$ m² şi la intrare $S_i = 4\,a_i = 8{,}4$ m².

Socotind cu $h_s = 0$, $H_b = 10{,}33 - \frac{A}{900} = 10$, la $A = 300$ m *d M*, $\Delta H_b = 1{,}9$ şi $\frac{P_v}{\gamma} = 0{,}3$ la $t = 25°$ şi cu dimensiunile $l_1 = 3{,}1_2 = 25$ m, se calculează succesiv :

Raza hidraulică amonte

$$R_1 = \frac{1}{2}\left(\frac{a_i b}{2(a_i + b)} + \frac{a_c b}{2(a_c + b)}\right) = 0{,}6175.$$

Raza hidraulică aval

$$R_2 = \frac{1}{2}\left(\frac{a_c b}{2(a_c + b)} + \frac{a_e b}{2(a_e + b)}\right) = 0{,}431.$$

Raportul secţiunilor dă :

$\alpha_i = \frac{S_i}{S_e} = 2{,}26$; $\alpha_c = \frac{S_c}{S_e} = 2$; $\alpha_1^2 = 0{,}5\,(\alpha_i^2 + \alpha_c^2) = 4{,}56$; $\alpha_2^2 = 0{,}5\,(\alpha_c^2 + 1) = 2{,}5$: $\zeta_{0i} = 1{,}8$; $\zeta_e = 0{,}1$; $\zeta_c = 0{,}8$, din care 60 % se aplică la tronsonul 1 amonte şi 40 % la 2 din aval, $\zeta_{l1} = 0{,}00567\; l_1/R_1^{1,4} = 0{,}0333$; $\zeta_{l2} = 0{,}00567\; l_2/R_2^{1,4} = 0{,}461$.

Coeficienţii totali ai pierderilor de sarcină rezultă cu aceste date :

$$\zeta_{0c} = \frac{\zeta_{0i}}{\alpha_i^2} + 0{,}6\,\frac{\zeta_c}{\alpha_c^2} + \frac{\zeta_{l1}}{\alpha_1^2} = 0{,}4593\,;$$

$$\zeta_{0e} = \zeta_{0c} + 0{,}4\,\frac{\zeta_c}{\alpha_c^2} + \frac{\zeta_{l2}}{\alpha_2^2} + \zeta_e = 0{,}8237.$$

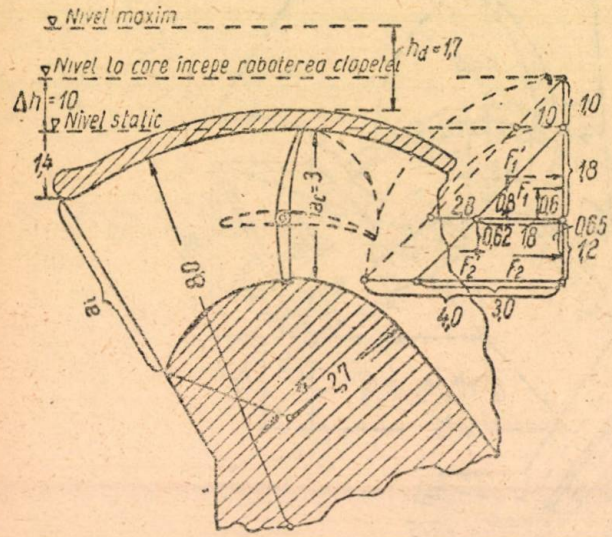


Fig. 2. Descărcător complex cu clapetă fluture în sifon

Căderea admisibilă a sifonului :

$$H_0 = \frac{1+\zeta_{0e}}{\zeta_{0c}}\left(H_b - h_s - \frac{v_c^2}{2g} - \frac{p_v}{\gamma} - \Delta H_b\right) = \frac{1+\zeta_{0e}}{\zeta_{0c}}\left(7{,}8 - \frac{v_c^2}{2g}\right)$$

se poate calcula ştiind că $\frac{v_c^2}{2g} = \frac{1}{\alpha_c^2}\,\frac{v_e^2}{2g} = \frac{1}{4}\,\frac{H_0}{1+\zeta_{0e}}$

anume : $H_0 = 7{,}8\,\dfrac{1+\zeta_{0e}}{\zeta_{0e}\left(1+\dfrac{0{,}25}{\zeta_{0c}}\right)} \cong 20$ m.

$$\frac{v_e^2}{2g} = \frac{H_0}{1+\zeta_{0e}} = 10{,}97\,;\quad v_e = \sqrt{2g\ 10{,}97} = 14{,}66\,:$$

$$Q_s = S_e v_e \cong 44\ \text{m}^3/\text{s},$$

Deversarea peste capota sifonului cu $h_d = 2{,}7$ (fig.1) dă $Q_d = 2{,}953 \cdot 0{,}63 \cdot 4 \cdot 2{,}7^{3/2} = 33$ m³/s, aşa că descărcătorul complex din fig. 1 debitează în total $Q_d + Q_s = 77$ m³/s sau pe metru liniar $q = 77/4 = 19{,}25$ m³/s/ml, aproape dublu ca deversorul obişnuit.

Clapeta, socotită în prima aproximaţie fără frecări şi diferenţă de momente a greutăţilor, dă — conform fig. 1 — la echilibru $F_1\,\frac{h_1^2}{3\sin\alpha} = F_2 x$ şi cum $F_1 = \frac{\gamma h_1^2}{2\sin\alpha}$; $F_2 = \gamma\ (h_1 h_2 + 0{,}5\ h_2^2)$; $x = \frac{h_2}{3}\,\frac{3h_1 + 2h_2}{2h_1 + h_2}$; $h_1 = y h_2$ se obţine ecuaţia

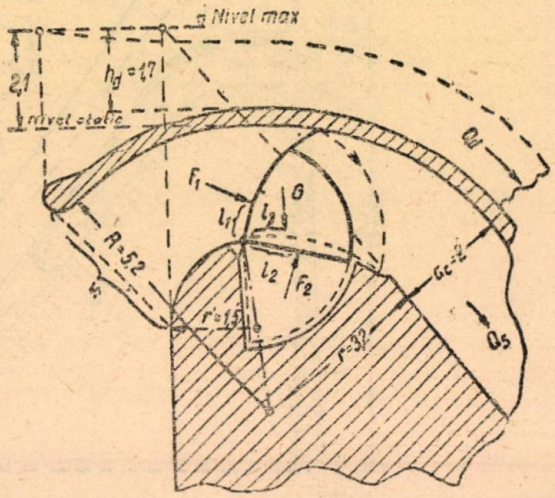


Fig. 3. Descărcător complex în varianta cu sector automat

$y^4 + 0{,}5\,y^3 - 2{,}25\,y^2 - 2{,}625\,y - 0{,}75 = 0$, care dă soluţia $y = 1{,}76$. Astfel, aripa de sus $h_1 = 1{,}76\ h_2$ este cu 76 % mai înaltă ca cea de jos h_2. Ţinînd seama şi de greutăţile diferite ale aripilor, se obţine $h_1 \approx 1{,}6\,h_2$. Pentru a revizui mai uşor clapeta în poziţia ridicată după trecerea apelor mari, se face aripa de jos mult mai grea (ex. umplută de beton), iar aripa de sus din tolă cu nervuri de construcţie cît mai uşoară.

Pentru variantele din fig. 2 şi 3 nu se mai fac aici calcule numerice, fiind analoage cu fig. 1 şi nu prea complicate.

In concluzie, se poate obţine pentru fiecare caz în parte o variantă de descărcător complex, care permite evacuarea unui lichid de 2—3 ori mai mare ca acela prin construcţiile obişnuite, ceea ce este, din punct de vedere hidraulic şi economic important mai ales la baraje înalte în defilee înguste, sau la baraje de tipul anrocamentelor sau din pămînt.

Bibliografie

[1] *Morozov A. A.:* Utilizarea energiei apelor (trad, limba rusă), Ed. Tehnică, 1952.

[2] *Pavel D.:* Sporirea căderii şi capacităţii sifonului automat, Hidrotehnica nr. 1, 1954.

★

КОМПЛЕКСНЫЙ ВОДОПРОПУСК

Резюме

Для спуска максимальных вод применяются обычные водосливы и сифоны, имеющие сравнительно малые единичные расходы и нуждающиеся в большой длине гребня. Посредством водопропусков названных здесь комплексными, указанных на фиг. 1, 2 и 3 можно удвоить или утроить расход по сравнению с обычным, что представляет собой преимущество с гидравлической и экономической точки врения.

ELECTRIFICAREA — MIJLOC IMPORTANT PENTRU CONSOLIDAREA BAZEI TEHNICE A AGRICULTURII *)

Creşterea şi perfecţionarea continuă a tehnicii şi mecanizarea sistematică contribuie la creşterea forţelor de producţie în agricultura socialistă. In U.R.S.S., numărul maşinilor agricole creşte din an în an, iar calitatea lor se îmbunătăţeşte mereu. O dată cu numărul şi puterea tractoarelor şi combinelor creşte şi numărul centralelor electrice rurale, al motoarelor electrice şi al altor motoare precum şi cel al maşinilor agricole şi industriale pe care acestea le acţionează.

Toate acestea constituie pentru agricultura sovietică o bază puternică pentru creşterea mecanizării şi mărirea productivităţii muncii.

Energia electrică fiind caracterizată printr-o mai mare divizibilitate, putînd fi transmisă cu mai multă uşurinţă la distanţe foarte mari şi asigurînd mersul mai regulat şi mai lin al maşinilor, poate fi folosită mult mai uşor în muncile agricole, la treierat, la arat, la muls, la tocatul nutreţului etc.

Electrificarea proceselor de producţie din agricultură, prevăzută şi promovată încă de Lenin şi intensificată foarte mult de Stalin se înfăptuieşte în prezent în toată Uniunea Sovietică. Ea schimbă înfăţişarea colhozurilor şi transformă radical caracterul muncii colhoznice făcînd-o mai tehnică, mai calificată, mai uşoară.

Mecanizarea complexă a muncilor agricole grele constituie o problemă importantă. In prezent, această problemă se rezolvă în Uniunea Sovietică în mod practic cu ajutorul tractoarelor, combinelor şi motoarelor electrice, folosite mai ales pentru acţionarea maşinilor agricole staţionare precum şi a celor mobile, de transport etc.

Un rol important îl vor avea în anii următori şi motoarele eoliene. Energia vîntului, folosită în prezent într-o măsură mai mică, va deveni o importantă sursă de mecanizare şi electrificare a agriculturii în regiunile în care utilizarea vîntului se poate face cu toată eficienţa.

Folosirea acţionării electrice face posibilă crearea unor noi sisteme de maşini agricole, permite să se definitiveze mecanizarea mai multor ramuri importante ale agriculturii, în special prelucrarea cerealelor şi a muncilor manuale de volum mare din fermele zootehnice.

Partidul Comunist al Uniunii Sovietice a trasat un plan concret de creştere a producţiei agricole şi de creare în cursul celor doi ,trei ani viitori a unei abundenţe de articole alimentare şi de materie primă pentru industria grea şi cea alimentară.

Pentru consolidarea bazei tehnice a agriculturii, are o mare importanţă electrificarea staţiilor de maşini şi tractoare, a colhozurilor şi a sovhozurilor. Extinderea lucrărilor de electrificare a agriculturii trebuie să se realizeze printr-o mai bună utilizare a energiei electrice produsă de centralele electrice existente, prin racordarea S.M.T.-urilor, colhozurilor şi sovhozurilor la sistemele energetice industriale precum şi prin construirea de noi centrale electrice rurale şi de instalaţii eoliene. Energia electrică trebuie folosită în primul rînd în unităţile agricole în scopuri productive.

Electrificarea rapidă, planificată şi pe scară vastă a Uniunii Sovietice a devenit posibilă numai prin victoria Marii Revoluţii Socialiste din Octombrie.

Incă în aprilie 1918 V. I. Lenin, creatorul Partidului Comunist şi al Statului Sovietic arăta în „Schiţa de plan a lucrărilor tehnico-ştiinţifice" destinată Academiei de Ştiinţe, că trebuie acordată o atenţie deosebită electrificării industriei şi transportului precum şi folosirii energiei electrice în agricultură, utilizîndu-se resursele hidroenergetice, motoarele eoliene şi combustibilul local şi de calitate inferioară.

In scrisoarea sa din 23 ianuarie 1923, adresată lui G. M. Krjijanovski, Lenin schiţînd bazele viitorului plan de electrificare a Ţării Sovietelor, a pus problema construirii unei reţele de centrale electrice mari pentru ca pe baza ei să se electrifice industria şi agricultura.

In planul GOELRO, se arăta că electricitatea va smulge munca agricultorului din jocul forţelor naturii care au înrobit-o.

Partidul Comunist al Uniunii Sovietice a elaborat un program ştiinţific de transformare a Rusiei înapoiate din punct de vedere economic într-o puternică ţară socialistă înaintată. In programul construcţiei socialiste era prevăzută industrializarea ţării, pe baza electrificării, dezvoltarea prin toate mijloacele a industriei grele, a metalurgiei, construcţiei de maşini, extracţiei cărbunelui şi ţiţeiului, precum şi construirea

*) După A. Hanikovski, „*Voprosa Ekonomiki*", nr. 10/1953.

unei vaste rețele de mari hidrocentrale și termocentrale raionale.

Lenin a arătat încă în 1918 că, pentru traducerea în viață a planului de transformare a agriculturii țării și înfăptuirea revoluției culturale, este nevoie de trecerea economiei întregei țări, inclusiv agricultura, pe baza tehnică a marii producții moderne.

Formula lui Lenin *„Comunismul este puterea sovietică, plus electrificarea întregei țări"*, servește și astăzi ca îndreptar în acțiune.

Partidul Comunist al Uniunii Sovietice a considerat că principalul mijloc pentru electrificarea întregei țări, inclusiv agricultura, constă în construirea de centrale electrice raionale mari, cu ajutorul cărora poate fi utilizată energia apelor, combustibilul local precum și combustibilii de calitate inferioară.

Conducerea Partidului a preconizat în același timp construirea de mici centrale electrice rurale care să dea satelor lumina și forța electrică, să devină centre locale de propagandă și educație și să stimuleze inițiativa locală în ce privește dezvoltarea electrificării rurale.

In perioada de început a avîntului agriculturii socialiste, mijlocul principal de mecanizare a muncilor agricole a fost tractorul termic.

In cincinalele de dinaintea Marelui Război al U.R.S.S. pentru Apărarea Patriei, a crescut considerabil baza tehnico-științifică a electrificării agriculturii. Energia electrică a început să fie utilizată pe o scară din ce în ce mai largă.

In anul 1940, agricultura Uniunii Sovietice dispunea de 10 825 instalații electrice însumînd 275 000 kW, dintre care 700 uzine hidroelectrice cu puterea totală de 35 000 kW.

Agricultura sovietică consumă 425 milioane kWh energie electrică, din care colhozurilor le revenea 48%. Au fost electrificate 10 000 colhozuri și 2 500 S.M.T. Raioane agricole complet electrificate au fost totuși foarte puține.

Inainte de război, energia electrică era utilizată în sate, mai ales pentru iluminat. An cu an crește însă numărul colhozurilor, în care energia electrică este folosită pentru electrificarea proceselor de producție.

A fost dezvoltată foarte mult electrificarea treeratului și a unor procese grele în zootehnie și în întreprinderile auxiliare. In anul 1940, au fost electrificate 5 000 arii și au fost tunse cu mașini electrice 3 milioane oi. Numeroase colhozuri și instituții de cercetări științifice au acumulat o experiență considerabilă în ceea ce privește folosirea energiei electrice în agricultură.

Electrificarea agriculturii a continuat și în anii Marelui Război pentru Apărarea Patriei. Numeroase colhozuri din spatele frontului au obținut succese considerabile în domeniul introducerii energiei electrice în producția agricolă și în cea legată de agricultură.

După război, electrificarea agriculturii a continuat să progreseze. La începutul anului 1946, puterea totală a tuturor instalațiilor electrice rurale a fost de 269 700 kW iar în 1950 ea a depășit 1 000 000 kW. Nivelul de dinainte de război al puterii centralelor electrice rurale a fost depășit la începutul anului 1951 de 2,8 ori iar a tuturor instalațiilor electrice rurale — de 3,6 ori.

La sfîrșitul anului 1945, se aflau electrificate 7 942 colhozuri iar la 1 ianuarie 1950 exista un număr de 28 900 colhozuri electrificate.

In ceea ce privește stațiunile de mașini și tractoare, au fost pînă la 31 decembrie 1945 un număr de 3 283 (44% din numărul total de S.M.T.) iar la 1 ianuarie 1950 un număr de 7 500 (90% din toate S.M.T.). De la 1945 și pînă la 1950, consumul de energie electrică în agricultură a crescut de la 375 milioane la 1,5 miliarde kWh.

In prezent sînt electrificate 20% din colhozuri, 90% din sovhozuri și 95% din stațiunile de mașini și tractoare ale Uniunii Sovietice. Există sute de raioane administrative în care toate colhozurile, sovhozurile și S.M.T.-urile folosesc energie electrică.

In regiunile Moscova, Leningrad și Riazan, în R.S.S. Armeană precum și în numeroase alte republici și regiuni, aproape toate colhozurile, sovhozurile și S.M.T.-urile sînt electrificate. Agricultura sovietică dispune în prezent de instalații electrice a căror putere însumează 1,5 milioane kW adică atît cît era prevăzut în planul GOELRO să se creeze într-un interval de 10—15 ani (începînd din 1920) pentru întreaga țară a sovietelor.

După război, o foarte mare parte din energia electrică a început să fie folosită pentru mecanizarea proceselor agricole. In anul 1950 se aflau mai mult de 17 000 arii electriricate iar în anul 1953, numărul agregatelor electrice de treerat a atins 20 000. In anul 1947, s-a consumat pentru nevoile casnice 35,7% din toată energia electrică folosită în colhozuri.

In decursul celui de al cincilea plan cincinal, construirea instalațiilor electrice rurale și electrificarea agriculturii au căpătat o dezvoltare foarte mare. Astfel, în anul 1952, au fost construite 1 209 centrale electrice rurale din care 912 centrale termoelectrice și 297 centrale hidroelectrice. Au fost electrificate 1 085 colhozuri comasate, 760 stațiuni de mașini și tractoare, stațiuni de protecție a pădurilor, întreprinderi de reparații etc.

Numărul de motoare electrice de care dispune agricultura sovietică este un indice deosebit de semnificativ. In anul 1945, agricultura U.R.S.S. a folosit 11 300 motoare electrice iar către începutul anului 1950 numărul electromotoarelor utilizate în agricultură a ajuns la 76 500.

Numărul motoarelor electrice folosite în sectorul agricol a crescut vertiginos mai ales în anii de după război. In anul 1947, numărul motoarelor a crescut cu 13 000, în anul 1948 cu 15 000 și în anul 1949 cu 20 600. In colhozuri și S.M.T. au fost instalate în anul 1952 un număr de 24 000 motoare electrice noi avînd o putere totală de 150 000 CP.

In luna septembrie 1952, au funcţionat numai în agricultura Ucrainei 35 000 motoare, adică aproape atîtea cîte existau în anul 1947 în întreaga Uniune Sovietică.

Numărul motoarelor din colhozuri creşte şi el foarte rapid. Către începutul anului 1941 funcţionau în colhozuri 5 500 motoare electrice iar în anul 1952 colhozurile dispuneau de 70 000 motoare; puterea totală a acestor motoare a crescut în intervalul menţionat de la 20 000 kW pînă la 445 000 kW. In anul 1952 numărul electromotoarelor din colhozuri a crescut cu 15 000.

Unele colhozuri fruntaşe posedă în prezent chiar peste 100 motoare electrice. In anul 1952, în colhozul „Jdanov" din raionul Korsuni--Sevcenko se aflau 53 motoare avînd o putere de la 2 pînă la 40 kW fiecare; colhozul „Stalin" din regiunea Rostov avea 52 motoare. In anul 1949, colhozul „Zaria" din Ural avea 82 motoare electrice; în colhozul „Molotov" din raionul Krasnogvardeiski din Crimeea, (unde recoltarea păioaselor se face cu combine) maşinile agricole, transportoarele, elevatoarele şi trioarele erau acţionate, în anul 1952, de 27 motoare electrice.

Energia electrică este introdusă progresiv în toate ramurile de producţie din colhozuri. Astfel în colhozul „Cuceririle lui Octombrie" din raionul Talnovski, regiunea Kiev, se aflau electrificate în anul 1953 peste 60 categorii de diverse munci agricole grele. Mărind productivitatea muncii, reducînd considerabil mîna de lucru şi micşorînd termenele de executare a muncilor sezoniere, electrificarea proceselor de producţie devine o pîrghie puternică de dezvoltare a forţelor de producţie în agricultură şi de creare a unui belşug de produse alimentare.

In ceea ce priveşte efectul economic al electrificării agriculturii calculele arată că electrificarea a numai patru procese de munca agricolă: treeratul, pregătirea nutreţului, mulsul vacilor şi alimentarea cu apă a fermelor — poate să economisească anual 5—6 milioane zile/om şi pînă la 25 milioane zile/cal.

Staţiile de maşini şi tractoare devin o forţă importantă şi pentru dezvoltarea electrificării producţiei colhoznice. In stadiul actual de dezvoltare a agriculturii socialiste, electrificarea se extinde, în primul rînd asupra proceselor de producţie, în care odinioară predomina munca manuală. Aceasta permite să se desăvîrşească mecanizarea complexă a unei serii de ramuri principale ale producţiei agricole.

In mecanizarea complexă, munca manuală este înlocuită succesiv şi în toate stadiile de producţie, cu maşini, realizîndu-se astfel o economie maximă de timp. In aceste condiţii, munca colhoznicilor devine din ce în ce mai uşoară.

Cea mai grăitoare exemplificare o constituie regiunea Sverdlovsk unde s-a creat în anii de război şi în perioada postbelică o vastă reţea de instalaţii electrice, cuprinzînd toate colhozurile şi S.M.T.-urile. Incă în anul 1947, colhozurile din regiunea Sverdlovsk au economisit, datorită electrificării parţiale a unor procese de producţie, 4,3 milioane zile/om şi 2 milioane zile/cal, agricultura regiunii dispunînd în acea perioadă de peste 6 000 motoare electrice.

Experienţa agriculturii socialiste a demonstrat că electrificarea irigaţiei reduce munca de zeci de ori, electrificarea alimentării cu apă a fermelor şi a adăpatului automat al vitelor micşorează munca de mai multe zeci de ori, a mulsului vacilor de două, trei ori, a tunsului oilor de trei, patru ori, iar a treieratului o micşorează de două, trei ori faţă de treieratul mecanic.

Pe lîngă creşterea productivităţii muncii, folosirea energiei electrice în agricultură contribuie la îmbunătăţirea recoltelor de cereale, la creşterea productivităţii în domeniul zootehnic, la evitarea pierderilor din timpul treieratului şi la economisirea combustibilului superior, de mare putere calorifică şi în special a carburanţilor lichizi folosiţi la motoarele termice.

Efectul economic al treieratului electric apare şi mai evident dacă se consideră cazurile concrete din diferitele colhozuri electrificate. Colhozul „Zorile Socialismului" din regiunea Molotov acţionînd electric o maşină de treierat şi curăţind electric cerealele, economiseşte munca a şapte oameni şi opt tone de carburanţi; timpul de treier se micşorează cu 40 zile.

Foarte important este efectul economic al electrificării procesului de uscare, sortare şi curăţire a cerealelor. In colhozul „Drumul lui Lenin" din raionul Uvelsk, regiunea Celeabinsk, a fost nevoie pentru tratarea a 9 000 chintale cereale de 1 894 zile-muncă iar în anul 1951, după electrificarea acestor operaţii, s-a cheltuit pentru prelucrarea a 45 000 chintale numai 710 zile-muncă.

Electrificarea fermelor zootehnice are de asemenea un efect foarte mare. Folosirea energiei electrice în alimentarea cu apă a fermelor zootehnice duce la o creştere imensă a productivităţii muncii. Aceste ferme consumă mari cantităţi de apă. Electrificarea alimentării cu apă are deci o influenţă hotărîtoare asupra întregii economii a producţiei colhoznice.

In ovicultură, electrificarea are de asemenea o importanţă deosebită. Electromecanizarea tunsului oilor, introdusă în anul 1952 aproape la toate fermele din Armenia Sovietică a dat posibilitate colhozurile din această republică să economisească 40 000 zile muncă şi să producă peste 240 000 kg lînă în plus. Datorită electrificării tunsului, productivitatea muncii creşte de trei, patru ori, iar cantitatea de lînă obţinută de la fiecare oaie se măreşte cu 200 pînă la 400 grame.

Aratul şi semănatul electric dau posibilitate nu numai ridicării productivităţii muncii dar şi măririi considerabil a recoltelor.

Principalul avantaj al tractorului electric, în comparaţie cu tractorul termic, constă în faptul că tractorul electric ară uniform, însămînţarea este de asemenea foarte regulat executată. La aceeaşi putere a motorului tractorului cu combustie internă „CT3-HATN" şi a tractorului

electric T-5 efortul de tracţiune la cîrlig este mai mare la motorul electric decît la cel termic : la viteza întîia, cu 32%, la a doua cu 40%, la a treia şi a patra cu 50%.

Tractorul electric lucrează cu o viteză uniformă ; datorită capacităţii mai mari de supraîncărcare a motorului electric. Acesta învinge mai uşor rezistenţa solului în anumite locuri fără a-şi micşora viteza.

In timpul însămînţărilor viteza constantă de deplasare a tractorului electric asigură o repartizare mai uniformă a seminţelor. La staţiile de maşini şi tractoare din raioanele Korsuni-Sevcenko şi Bajenovo s-a obţinut prin aratul electric o brazdă cu 25—27 cm mai adîncă. Pe ogoarele lucrate cu tractoarele electrice recoltele au fost mai bune decît pe cele lucrate cu tractoare termice.

Folosirea tractoarelor electrice în colhozul „Lenin" din regiunea Riazan, deservit de S.M.T. din Rîbnovo, a îmbunătăţit mult calitatea lucrării solului, ceea ce a dus la creşterea recoltelor cu circa 10—20%.

Electrificarea muncilor grele face posibilă economisirea carburanţilor superiori. Fiecare tractor T-5 economiseşte pînă la 20 t carburanţi pe sezon. La fiecare tonă de cereale, treierată cu ajutorul acţionării electrice, se poate economisi 6 kg carburant. Prin urmare 100 000 tractoare electrice vor putea permite să se economisească anual pînă la 2 milioane tone carburant ; fiecare milion de tone de cereale treerat cu motorul electric va da de asemenea o economie de circa 6 milioane kilograme produse petrolifere.

In faza actuală de dezvoltare a agriculturii, mecanizarea proceselor grele se realizează prin îmbinarea justă a folosirii tractoarelor şi a motoarelor electrice. Spre deosebire de celelalte motoare, motorul electric permite să se mecanizeze absolut toate muncile grele în agricultură şi să se automatizeze complet unele din ele.

Constructorii sovietici au creat tractoare electrice pe şenile şi cu roţi, combina cu motor electric, maşina de muls în trei timpi, incubatoare electrice şi alte maşini electrificate. S-au construit tractoare electrice speciale, folosite la plantaţii de bumbac.

Centralele electrice rurale se unesc şi ele, ca şi centralele electrice mari, în sisteme electroenergetice ; acestea au însă un caracter local. In aceste sisteme se aplică automatizarea şi comanda prin dispecer. Unele centrale electrice colhoznice lucrează în paralel cu sistemele centralelor electrice mari formînd un tot energetic unitar.

Au început lucrările de automatizare a centralelor electrice rurale. In anul 1952, au fost automatizate centrala hidroelectrică „Tiriponi" din Gruzia şi centrala „Octomberianskaia" din Armenia Sovietică. Pentru anul 1953 au fost prevăzute automatizarea a 18 centrale hidroelectrice rurale mai mari din regiunea Moscova, Gruzia, Leningrad, Molotov etc.

Unele colhozuri au început să folosească pentru termoficare aburul evacuat din termocentralele lor. Astfel, colhozul „Lenin" din raionul Rîbinsk, ţinutul Krasnoiarsk, a început să utilizeze aburul uzinei sale cu locomobilă, pentru încălzirea diverselor încăperi precum şi pentru pregătirea nutreţului.

In anul 1953, centralele electrice din U.R.S.S. au avut o producţie de 133 miliarde kwh, adică de 2,8 ori mai multă energie decît în 1940. Către sfîrşitul celui de al doilea plan cincinal, puterea totală a centralelor electrice din Uniunea Sovietică se va dubla iar puterea centralelor hidroelectrice se va tripla. Nici o ţară capitalistă n-a cunoscut un asemenea ritm al electrificării.

Statul sovietic nu construieşte însă numai hidrocentrale gigantice de tipul celei de la Kuibîşev, (care are o rază de acţiune de 1 000 km, şi care depăşeşte prin putere şi perfecţiune tehnică tot ce a fost vreo dată creat de geniul omenesc), ci şi centrale electrice rurale de 1 000—2 000 kW putere fiecare. Construcţia centralelor electrice raionale, industriale, comunale şi rurale constituie o bază sigură pentru dezvoltarea mai departe a electrificării producţiei agricole. Din an în an, un număr tot mai mare de colhozuri, sovhozuri şi S.M.T.-uri vor fi racordate la liniile de transport de energie electrică ale centralelor electrice de stat.

Potrivit recomandărilor făcute de Congresul al XIX-lea al P.C.U.S. investiţiile colhozurilor urmează să fie întrebuinţate în primul rînd pentru dezvoltarea gospodăriei obşteşti, în cadrul căreia se află în loc de frunte construirea de centrale electrice colhoznice. Investiţiile colhozurilor pentru dezvoltarea electrificării vor fi utilizate pentru construirea centralelor intercolhoznice mari, perfecţionate din punct de vedere tehnic, precum şi pentru achiziţionarea de motoare electrice şi de maşini electrificate pentru agricultură, zootehnie şi industriile locale legate de agricultură.

Electrificarea agriculturii în Uniunea Sovietică înseamnă introducerea în muncile agricole a tehnicii noi, moderne, perfecţionate, care permite realizarea mecanizării complexe a tuturor ramurilor gospodăriei rurale şi deci o mărire a producţiei şi a productivităţii muncii.

TEHNICA SECURITĂȚII MUNCII ÎN STAȚIILE ELECTRICE

Ing. GH. STOICESCU

Utilizarea tensiunilor înalte în rețelele electrice și marea extindere a acestor rețele în anii puterii populare au impus construirea și echiparea a numeroase stații și posturi de transformare în sistemele energetice. Ca urmare a acestui fapt, a crescut și importanța problemelor de tehnica securității muncii din stațiile electrice de putere mai mare și la care instalațiile electrice și echipamentele sînt complexe.

In instalațiile de înaltă tensiune din stațiile electrice, electrocutarea se poate produce și prin posibilitatea apariției arcului electric între părțile conducătoare de curent și corpul omenesc, pe cînd în cazul joasei tensiuni, numai dacă accidentatul a intrat în atingere cu partea aflată sub tensiune.

Se definește ca joasă tensiune acea tensiune care nu depășește 250 V între un conductor și pămînt. Tensiunea de 380 V se consideră tensiune joasă, cînd conductorul neutru este pus direct la pămînt.

In tehnica electrosecurității se mai face o clasificare a tensiunilor și anume tensiuni sub 1 kV și tensiuni peste 1 kV; se consideră, în general că atît arcul electric cît și efectele termice ale acestuia apar la tensiuni peste 1 kV.

Studiul electrosecurității în stațiile electrice trebuie făcut din următoarele puncte de vedere:

1. Caracteristicile echipamentului electric.
2. Felul dispoziției echipamentului în stațiile interioare sau exterioare;
3. Modul de exploatare și de lucrări în stații.

1. Caracteristicile echipamentului electric

La proiectarea stațiilor electrice, alegerea echipamentului se face ținînd seama de: *a*) tensiunea nominală, *b*) sarcina nominală ,. *c*) acțiunea electrodinamică și termică la curentul de scurtcircuit, *d*) condițiile mediului înconjurător.

In ceea ce privește aparatajul de deconectare, trebuie ca puterea maximă la deconectare, cît și stabilitatea termică și dinamică să fie asigurate de fabrica constructoare.

In unele cazuri, datorită creșterii ulterioare a puterii instalației, aparatajul instalat conform proiectului inițial nu mai corespunde din punct de vedere al securității muncii și este deci neapărat necesar să se ia măsuri pentru asigurarea unei exploatări normale. Părțile importante ale echipamentului din stații, din punct de vedere al tehnicii securității sînt:

a) *Transformatoarele de forță.* Transformatoarele trebuie să fie astfel construite, încît să permită, în condiții normale, controlarea nivelului și temperaturii uleiului, luarea probelor de ulei, cît și controlarea releului de gaze. La transformatoarele de putere mai mare este necesar să se amenajeze o scară fixă, care să permită deservirea părții superioare a transformatoarelor în condiții cerute de normele de tehnica securității muncii.

Pentru prevenirea incendiilor, transformatoarele de putere mai mare și de tensiune de peste 10 kV, montate în interior, trebuie să aibă la baza lor bazine de colectarea uleiului, care să asigure reținerea întregii cantități de ulei. La trasformatoarele montate în exterior, partea de teren, situată sub transformator, trebuie să fie acoperită cu un strat de pietriș de cel puțin 0,25 m grosime, care să depășească gabaritul transformatorului cu cel puțin 1 metru.

b) *Intrerupătoarele.* In stațiile electrice, întrerupătoarele automate sînt utilizate atît pentru conectarea și deconectarea normală în timpul exploatării, cît și pentru întreruperea automată a circuitelor în caz de suprasarcini, scurtcircuite sau alte defecte.

Este foarte important ca intrerupătoarele automate să fie alese la o putere de rupere corespunzătoare, asigurîndu-se astfel stabilitatea termică și dinamică la întreruperea curenților de scurtcircuit.

Tipurile de întrerupătoare automate, utilizate în stații, pot fi: cu ulei mult, cu ulei puțin, cu destinderea (expansiunea) unui lichid (apa distilată cu adaos) cu gaz dur (autopneumatice) care utilizează distilarea uscată a unei materii rășinoase sub influența căldurii arcului electric și cu aer comprimat. Intrerupătoarele cu destindere și cele cu gaz dur sînt mai puțin utilizate. La întrerupătoarele cu ulei mult, cu toate perfecționările care li s-au adus în ultimul timp, uleiul aprins poate produce incendii, izolatoarele acoperite de funingine sînt străpunse de tensiunea înaltă, iar gazele produse în încăpere pot de asemenea să se aprindă.

Cauzele exploziei întrerupătorului sînt următoarele:

a) creșterea presiunii din cuvă;

b) autoaprinderea amestecului exploziv din cuvă;

c) aprinderea de la arcul electric a amestecului exploziv.

Pentru preîntîmpinarea exploziei, în cazul creșterii presiunii din cuvă, se prevede, la întrerupătoarele cu ulei mult, un spațiu tampon de aer între ulei și capacul cuvei — cu o țeavă de evacuare — precum și clapete de siguranță sau o diafragmă de protecție, care permit evacuarea gazelor, cînd presiunea în cuvă trece de 8 atmosfere.

Aprinderea uleiului, în cazul autoaprinderii amestecului exploziv din cuvă, sau aprinderea amestecului exploziv de la arcul electric, se poate evita dacă se asigură o răcire suficientă prin circulaţia produselor de descompunere şi vaporizare a uleiului în cuvă. Este deci important ca volumul de ulei să fie cel necesar astfel încît să se asigure o înălţime suficientă, mai

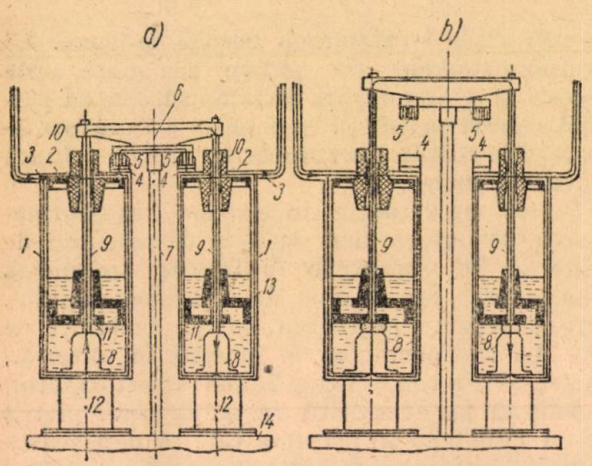


Fig 1. Construcţia întrerupătorului cu ulei puţin cu 2 vase (pentru o singură fază).

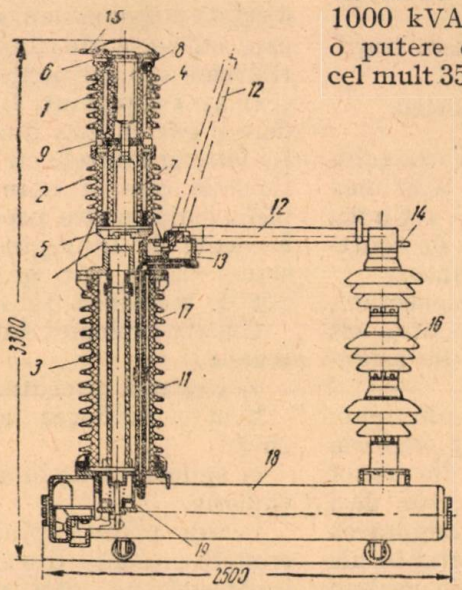
a) poziţie ancianşată; *b)* momente de declanşare; 1—cilindru de oţel sudat; 2—capac de alamă; 3—contacte pentru fixarea (prinderea) barelor; 4—cuţitul de alamă al contactului principal de lucru; 5—contacte mobile de lucru; 6 traversă de contact; 7—bară (tija de lemn) fixată cu capătul inferior de pîrghia mecanismului de comandă; 8—stingător de arc; 9 tijă de contact pentru stingerea arcului (alamă, cupru); 10—izolator de trecere; 11—instalaţia pentru suflajul uleiului; 12—izolator de suport din porţelan; 13—ulei; 14—aramă-suport

cu seamă în cazul producerii arcului electric (de la locul de formare a acestuia pînă la suprafaţa uleiului).

Pentru stingerea arcului la întrerupătoare cu ulei mult, s-au construit dispozitive speciale : camere de stingere cu suflaj longitudinal şi transversal de ulei, stingătoare lamelare de arcuri etc.

La întrerupătorul cu ulei puţin, pericolul incendiului şi al exploziei este evitat datorită volumului mic de ulei din cuvă (35—55 kg) pe fază cît şi rezistenţei cuvelor, calculate pentru o presiune pînă la 100 atmosfere (fig. 1).

Aceste întrerupătoare au tensiune pe cuva, izolată cu izolatori de porţelan de rama pusă la pămînt; din această cauză întrerupătoarele trebuie separate de spaţiile de trecere printr-o îngrădire metalică pusă la pămînt, iar prin afişarea instrucţiunilor de tehnică securităţii muncii şi prin plăci avertizoare se atrage atenţia că este interzisă atingerea cuvelor întrerupătoare-



lor. Intrerupătoarele cu aer comprimat au avut, în ultimul timp, o largă întrebuinţare. La aceste întrerupătoare, atît închiderea sau deschiderea contactelor, cît şi stingerea arcului se face cu ajutorul aerului comprimat. Timpul total al acţionării întrerupătorului se face în 0,1 secunde, iar suflajul de aer comprimat asigură stingerea arcului în 0,02—0,03 secunde (fig. 2).

Intrerupătoarele cu aer comprimat de 110 kV pot să rupă puteri de scurtcircuit de peste 2 500 MVA, în condiţii bune de stabilitate termică şi dinamică. Din aceste motive întrerupătoarele cu aer comprimat corespund din toate punctele de vedere normelor de tehnica securităţii muncii.

c) *Separatoarele.* In staţiile electrice separatoarele se utilizează pentru conectarea sau deconectarea, în mod sigur şi vizibil, a unei părţi din circuit care nu se află sub sarcină.

Manevrarea separatoarelor se poate face, fie manual, utilizîndu-se prăjini izolante sau dispozitive mecanice de manevră, fie de la distanţă cu ajutorul aerului comprimat sau prin servomotoare electrice. La separatoarele prevăzute cu cuţit de punere la pămînt, se utilizează un sistem de blocaj care împiedică punerea acestora la pămînt, dacă cuţitele principale sînt conectate.

Normele de tehnica securităţii muncii, cît şi cele de exploatare admit manevrarea separatoarelor şi în cazul cînd în circuitul respectiv există sarcini mici, dacă la conectare sau la deconectare nu se produc arcuri electrice periculoase. Astfel sînt permise următoarele operaţii de conectare şi deconectare cu separatoarele sub sarcină :

a) a transformatoarelor de măsură de tensiune, *b*) a curentului de sarcină a barelor şi a aparatajelor, *c*) a curenţilor de mers în gol la transformatoarele de putere pînă la 10 kV şi 320 kVA, de la 10—35 kV inclusiv pînă la o putere de 1000 kVA şi de la 35—110 kV inclusiv pînă la o putere de 3200 kVA; *d*) a liniilor aeriene de cel mult 35 kV dacă sînt în gol şi au o lungime de

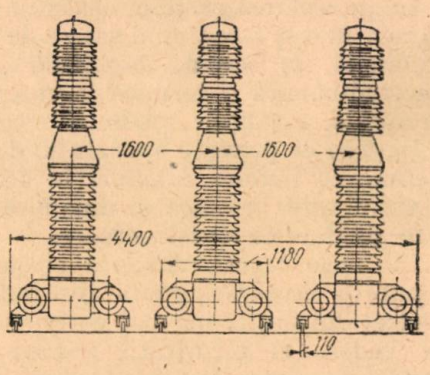


Fig. 2. Întrerupător cu aer comprimat de 110 kV.

cel mult 10 km (sarcina proprie corespunzătoare); *e*) a curentului de încărcare a unui cablu lucrînd în gol la o tensiune de cel mult 10 kV, cu o lungime de cel mult 10 km. In ultimele două cazuri

nu se permite manevrarea cu separatorul, dacă în reţeaua respectivă există puneri la pămînt.

In toate celelalte cazuri, manevrarea separatorului nu se admite a se face în sarcină, fiind necesar ca la deconectare să se acţioneze întîi

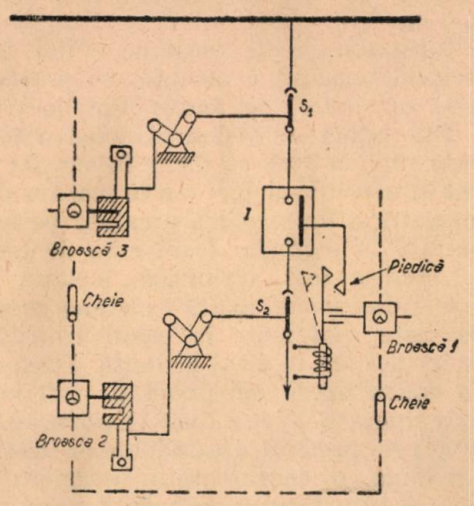


Fig. 3. Blocarea mecanică a separatoarelor

întrerupătorul, iar la conectare întîi să se închidă separatorul şi ulterior să se închidă circuitul cu ajutorul întrerupătorului.

Deranjamentele cauzate în sistemele energetice prin manevrarea greşită a separatoarelor produc arcuri electrice care pot fi periculoase pentru personal. In special este periculoasă acţionarea manuală a separatoarelor monopolare de linie montate în anticameră, sau a separatoarelor tripolare montate în apropierea locului de comandă. Dacă se montează mecanismul de acţionare separat de locul unde sînt montaţi separatorii, se asigură personalul împotriva pericolului, deoarece separatorul nu mai există în faţa operatorului şi ca urmare conectarea sau deconectarea se face fără pericol pentru personalul de serviciu, dar se creează greutăţi în exploatare.

Pentru avertizarea personalului din staţii, se poate utiliza semnalizarea optică a manevrelor, dar din practica exploatării s-a constatat că aceasta nu este o măsură sigură pentru evitarea manevrelor greşite.

Ca mijloc sigur pentru prevenirea manevrelor greşite, se utilizează blocarea, care poate fi de două feluri : mecanică şi electromagnetică.

Blocarea mecanică se poate obţine cu zăvoare sau lacăte, care împiedică manevrarea separatorului, dacă în prealabil nu s-a acţionat asupra întrerupătorului.

O blocare mecanică fără defectarea sau uzarea pieselor se realizează cu broaşte prevăzute cu chei de siguranţă (fig. 3).

Cheia din broasca (*1*) nu poate fi scoasă, dacă întrerupătorul *I* nu a fost în prealabil deconectat. După deconectarea întrerupătorului se scoate cheia din broasca (*1*) şi cu aceiaşi cheie se deschid pe rînd broaştele (*2*) şi (*3*), apoi separatoarele S_2 (de linie) şi S_1. (de bară). La conectare se procedează astfel : se închid pe rînd separatoarele S_1 şi S_2, scoţîndu-se pe rînd cheia din broaştele (*3*) şi (*2*) şi se introduce cheia în broasca (*1*), conectîndu-se întrerupătorul *I*. Dacă cheia nu este introdusă în broasca (*1*), nu poate fi conectat întrerupătorul *I*.

Blocarea electromagnetică cu ajutorul unei chei electromagnetice portative (o singură cheie pentru întreaga instalaţie de distribuţie) se utilizează în instalaţiile electrice mai cu seamă la sistemele cu bare duble. In fig. 4 este arătat principiul acestei blocări pentru o singură bară : broasca de blocare (*2*) prin tija de blocare (*3*) opreşte manevrarea separatorului, la deconectare, înainte de deschiderea întrerupătorului cît şi la conectare, dacă întrerupătorul nu este deconectat. Sistemul de deconectare electromagnetică este alimentat din bateria de acumulatoare de 110 sau 220 V.

Pentru deschiderea separatorului *S* şi introducerea cheii (*5*) în broasca (*2*), dacă întrerupătorul *I* este declanşat , contactele (*4*) şi (*7*) închid circuitul bobinei (*6*) şi prin rotirea cheii (*5*) în broască, aceasta se va magnetiza şi va atrage tija (*3*), deblocînd separatorul, care va putea fi deschis cu mînerul 1. Bineînţeles că întrerupătorul dacă nu a declanşat blocarea, opreşte deschiderea separatorului.

Cînd separatorul este deschis, tija (*3*) intră în al doilea locaş (*9*). In această situaţie separatorul nu se poate închide, dacă în prealabil nu se deschide broasca (*2*) ceea ce nu este posibil cînd întrerupătorul nu este declanşat.

d) *Transformatoare de măsură.* In instalaţiile electrice, transformatoarele de măsură, atît cele de curent cît şi cele de tensiune, sînt foarte utili-

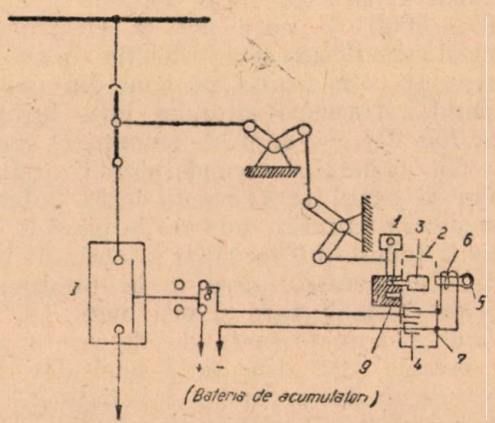


Fig. 4. Blocarea electromagnetică a separatoarelor

zate la deservirea aparatelor de măsură şi a releelor.

Transformatoarele de curent sînt în aşa fel construite încît înfăşurarea primară este parcursă în întregime de curentul de sarcină al circuitului pe care-l deserveşte şi deci amperspirele bobinajului primar I_1 n_1 sînt direct proporţionale cu valoarea curentului de sarcină. Valoarea mare a amperspirelor primarului determină o valoare ridicată a fluxului primar, care însă este compensat de fluxul secundar produs

de amperspirele secundare I_2, n_2 secundarul fiind aproape pus în scurtcircuit datorită rezistenţei reduse a bobinajelor instrumentelor de măsură sau a releelor conectate la bobinajul secundar. Ca urmare fluxul rezultant, proporţional cu rezultanta amperspirelor I_r n_r, este mult mai mic. Cînd secundarul este deschis, amperspirele secundare I_2 n_2 sînt nule şi, acţionînd numai amperspirele primare I_1 n_1, rezultă că fluxul produs de acestea este foarte mare, avînd ca rezultat o supraîncălzire a circuitului magnetic, care poate distruge izolamentul bobina-

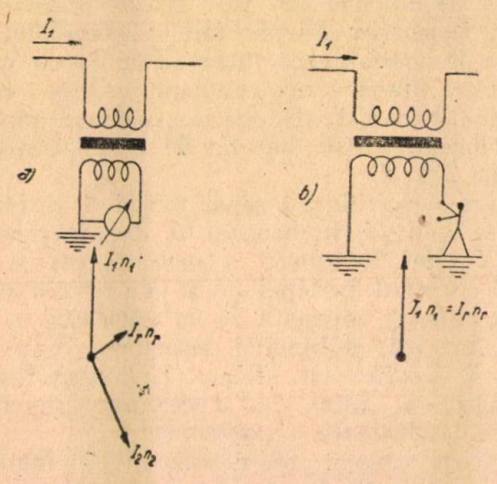


Fig. 5. Transformatorul de curent

jelor şi poate provoca apariţia unei f.e.m. foarte ridicată la bornele secundarului transformatorului de curent.

In cazul cînd un transformator de curent este cu secundarul deschis, apar tensiuni secundare de 500 — 5000 V care pot să electrocuteze personalul care deserveşte instalaţia. Acest pericol creşte şi prin faptul că unul din capetele secundarului transformatorului este legat de pămînt (fig. 5*b*). Nu se poate renunţa la legarea unuia din capetele secundarului la pămînt, deoarece în cazul străpungerii între bobinajul primar şi cel secundar, punerea la pămînt evită apariţia la bobinajul secundar a tensiunii înalte din circuitul primar, ceea ce ar produce un pericol de electrocutare şi mai mare.

Secundarul transformatorului de curent poate să fie deschis atît din cauza unei deschideri greşite a circuitului secundar cît şi datorită unor eventuale arderi sau slăbiri ale contactelor respective. Nu se admite o eventuală deconectare a aparatelor legate în secundarul transformatoarelor de curent dacă în prealabil nu s-a făcut o scurtcircuitare a bornelor la care este conectat aparatul.

Transformatoarele de curent se pot avaria şi datorită tensiunilor de conturnare produse de undele de supratensiune, ca urmare a fenomenelor atmosferice sau a comutaţiilor şi din această cauză s-a utilizat mult timp, un eclator conectat în paralel cu înfăşurarea primară. Faptul că acest eclator se reglează greu şi poate să nu funcţioneze corect din cauza depunerilor între capetele sale, a făcut ca acest tip de protecţie să fie mai puţin folosit.

In U.R.S.S. se utilizează de preferinţă şuntarea primarului transformatorului de curent cu o rezistenţă dintr-un material la care rezistenţa scade odată cu creşterea tensiunii (cum este vilitul).

Transformatoarele de tensiune, fiind bazate pe principiul tensiunii constante, ca şi transformatoarele obişnuite, pot foarte bine funcţiona şi în gol. Din punct de vedere al construcţiei ele se execută pînă la 3 kV cu răcire în aer, iar peste 3 kV sînt în execuţie cu ulei sau în masă izolantă. Transformatorul de tensiune prezintă pericol de electrocutare la secundar (care este deobicei la 100 V), cînd a fost străpunsă izolaţia între acesta şi primarul de înaltă tensiune conectat. Pericolul este mai mare în cazul transformatoarelor în ulei sau în masă izolantă. Dacă uleiul are, din cauza uzurii, un punct de inflamabilitate la o temperatură mai redusă, se poate aprinde, iar funinginea produsă, aşezîndu-se pe izolatori, poate produce o conturnare a acestora. Din aceste cauze transformatoarele de tensiune — în special cele în ulei — trebuie revizuite în mod periodic.

In raport cu tensiunea şi importanţa instalaţiei trebuie ca periodic să se înlocuiască uleiul la transformatoarele de tensiune în ulei, conform prescripţiilor de exploatare în vigoare.

La executarea lucrărilor în staţii, prin scoaterea de sub tensiune, trebuie să se ţină seama că deconectarea instalaţiei de la barele de înaltă tensiune nu asigură împotriva unei eventuale electrocutări, dacă nu au fost deconectate şi transformatoarele de tensiune, deoarece transformatoarele de tensiune, rămînînd conectate atît la bare cît şi la partea de joasă tensiune, pot provoca o transformare inversă din partea de joasă tensiune pe barele de înaltă tensiune. Ca măsură generală de protecţie se utilizează deconectarea transformatoarelor de tensiune atît de la partea de înaltă tensiune cît şi de la partea de joasă tensiune.

e) *Aparatajul de semnalizare.* In staţiile electrice se utilizează semnalele optice (lămpi cu incandescenţă, lămpi cu neon, indicator cu acţionare electromagnetică şi semnale acustice (sonerie, claxon, sirenă).

După funcţia pe care o îndeplineşte, semnalizarea poate fi:

1. Semnalizarea poziţiilor aparatelor;
2. Semnalizarea de deranjamente;
3. Semnalizarea de avertizare;
4. Semnalizarea manevrelor;
5. Semnalizarea prezenţei tensiunii pe bare.

Semnalizarea poziţiilor se poate face fie prin montarea unor lămpi electrice, care să semnalizeze la manevrarea separatorului dacă acesta este închis (lampă roşie) sau deschis (lampă verde), fie prin montarea unui indicator cu acţiune electromagnetică (cum ar fi indicatorul de fabricaţie sovietică ПС-3) la care indexul stă în poziţie verticală cînd separatorul este deschis — iar cînd separatorul este închis,

indexul se rotește și se așază în poziție orizontală. Acest indicator se montează pe tablourile de comandă care au reprezentate în exterior schemele instalației electrice respective.

Semnalizarea de deranjamente și semnalizarea de avertizare sînt mai puțin importante din punct de vedere al tehnicii securității muncii.

Semnalizarea manevrelor (fig. 6) este foarte importantă și din punct de vedere al tehnicii securității, deoarece arată cînd se pot face manevrele cu separatoarele. In acest scop se montează o lampă în apropierea comenzii separatoarelor; circuitul de alimentare a acestor lămpi de semnalizare se închide, cînd întrerupătorul a fost declanșat, indicînd astfel că separatorul poate fi deschis. Separatoarele nu trebuie manevrate atît timp cît lampa de semnalizare este stinsă.

Tehnica securității muncii prevede că pentru semnalizarea prezenței tensiunii pe bare, cînd se utilizează lămpi cu filament incandescent, acestea să fie montate pe „lumină" și nu pe „stingere", adică „lumina" să arate că barele sau bornele nu au tensiuni, deoarece chiar dacă lampa se defectează și dă o indicație falsă, nu se pot produce electrocutări.

Totuși se utilizează și semnalizarea pe „lumină", în instalațiile de înaltă tensiune, prin montarea lămpilor cu neon, nelegate electric, care se aprind sub influența cîmpului electric din jurul barelor sub tensiune. In aceste cazuri se montează cîte o lampă cu neon (cu descărcare luminiscentă) la fiecare fază și capăt de bară, asigurîndu-se în acest fel o indicație sigură a prezenței tensiunii, chiar dacă una sau două lămpi s-au defectat.

2. Felul dispoziției echipamentului în stații

a) *Stațiile interioare.* In încăperile de înaltă tensiune, conductele electrice de joasă tensiune nu trebuie să se execute decît pe porțiuni scurte (circuitele de comandă și măsură, rețeaua de iluminat) și numai atît cît este necesar pentru efectuarea conexiunilor.

Se recomandă instalarea unei ventilații care să asigure o răcire a aerului încălzit de aparatajul electric (transformatoare, bobine de reactanță) de bare și de cabluri. In stațiile cu personal permanent este necesară și o ventilație de rezervă, care să poată fi pusă independent în funcțiune, din exterior pentru îndepărtarea rapidă a gazelor din încăperile respective.

Toate aparatele, conductoarele, izolatoarele, construcțiile care susțin aparatele trebuie alese și instalate în așa fel încît să prevină eventualele accidente ce pot fi cauzate de eforturile mecanice ale instalației și să asigure protecția personalului împotriva tensiunii, a arcurilor electrice, a curenților de gaze ionizate, a curenților de aer, a efectelor defectării siguranțelor fuzibile, a produselor provenite din descompunerea uleiului.

Instalațiile electrice trebuie astfel proiectate și executate încît să se poată efectua lucrări fără tensiune la un anumit circuit fără să se dăuneze funcționării normale a circuitelor vecine.

Transformatoarele de tensiune trebuie să fie prevăzute cu întrerupere automată, pe partea joasă a tensiunii, atunci cînd se deconectează de la partea de înaltă tensiune, dacă este posibilă o apariție a înaltei tensiuni prin transformare inversă.

Este necesar ca în limita posibilităților — așezarea fazelor să se facă la fel pentru toate circuitele.

Pentru evitarea manevrelor greșite, se va folosi semnalizarea manevrelor cît și blocarea mecanică sau electromagnetică a separatoarelor.

Este obligatorie punerea la pămînt a tuturor părților metalice ale instalației de distribuție.

Pentru instalațiile de peste 1000 V, rezistența de punere la pămînt (R_p) trebuie să fie : $R_p = \frac{250}{I_p}$ pentru instalații legate de rețele cu intensități mici de scurgere la pămînt.

$R_p \leqslant 0{,}5$ ohmi pentru instalații legate de rețele, cu intensități mari de scurgere la pămînt.

I_p — este valoarea curentului ce se poate scurge la pămînt după parametri dați ai rețelei.

Este foarte important ca, în stațiile electrice interioare, să se păstreze dimensiunile și distanțele nominale și să se monteze îngrădirile așa cum sînt prescrise în normele de tehnica securității.

Despărțiturile fixe sau mobile, care au o intrare care se închide, trebuie să aibă o înălțime de cel puțin 1,7 m, pentru evitarea atingerii cu părțile sub tensiune. Barierele (balustradele) trebuie să aibă o înălțime de 1,2 m. Inălțimea pereților despărțitori între celule trebuie să fie de cel puțin 2 m.

Distanța minimă, în linie dreaptă, de la părțile conducătoare de curent pînă la pereți sau pînă la plasele de protecție metalice, este arătată în tabela 1.

Tabela 1

	Distanța în cm pentru o tensiune nominală între faze de							
	1-3kV	6kV	10kV	15kV	20kV	35kV	60kV	110kV
1. De la părțile sub tensiune neizolate pînă la pereții despărțitori (*B* din fig. 7)	7,5	10	12,5	15	18	29	45	72
2. Idem pînă la îngrădirile din plase de sîrmă (*C* din fig. 7)	17,5	20	22,5	25	28	39		82[1])
3. Idem, pînă la balustrada (*D* din fig. 7)	35	35	60	60	60	60	90	150

[1]) pînă la împrejmuiri complete $C = 90$ cm

Părţile conducătoare de curent neizolate trebuie închise în celulă îngrădite cu plase de protecţie, dacă sînt aşezate faţă de planşeu la o înălţime mai mică de :
2,5 m pentru o tensiune de regim pînă la 15 kV
2,75 m pentru o tensiune de regim între 15—35 kV
3,5 m pentru o tensiune de regim de la 35—110 kV

Plasele metalice de protecţie trebuie să aibă ochiurile de plasă de cel puţin 2 × 2 cm.

Intre părţile conducătoare de curent, aşezate la înălţime, neîngrădite, scoase de sub tensiune,

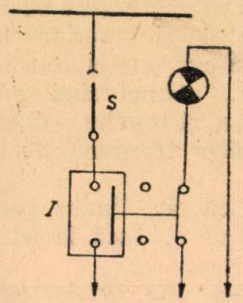


Fig. 6 Semnalizarea optică la manevrarea separatoarelor

şi părţile vecine aflate sub tensiune, în scopul executării lucrărilor în siguranţă, se va păstra o distanţă minimă (E) indicată mai jos :
2 m pentru o tensiune de regim pînă la 15 kV
2,2 m pentru o tensiune de regim de la 15—35 kV
3 m pentru o tensiune de regim de la 35—110 kV

Distanţa (A) între elementele conducătoare de curent neizolate atît între faze cît şi pînă la părţile puse la pămînt şi la elementele clădirii, trebuie să fie de cel puţin :

7,5 cm pentru o tensiune de regim de 1—3 kV
10 cm pentru o tensiune de regim de 6 kV
12,5 cm pentru o tensiune de regim de 10 kV
15 cm pentru o tensiune de regim de 15 kV
18 cm pentru o tensiune de regim de 20 kV
29 cm pentru o tensiune de regim de 35 kV
45 cm pentru o tensiune de regim de 60 kV
72 cm pentru o tensiune de regim de 110 kV

Lăţimea coridoarelor pînă la pereţi sau îngrădiri va fi de 1 m, cînd echipamentul este instalat pe o singură parte, şi de 1,2 m cînd echipamentul este instalat pe ambele părţi.

Dacă în coridor sînt montate dispozitive de comandă a separatoarelor sau întrerupătoarelor, lăţimea coridorului va trebui să fie de cel puţin 1,5 m, respectiv 2 m.

In fig. 7 sînt indicate distanţele minime admisibile în staţiile interioare.

In vecinătatea staţiei electrice, plecările aeriene trebuie aşezate astfel încît de la punctul cel mai de jos al conductorului şi pînă la suprafaţa pămîntului să fie o înălţime de cel puţin :
4,5 m pentru o tensiune de regim pînă la 15 kV
4,75 m pentru o tensiune de regim de la 15—35 kV
5,5 m pentru o tensiune de regim de la 35—110 kV

Cînd conductorii aerieni trec pe deasupra unei staţii interioare, trebuie ca între aceştia şi acoperişul clădirii să fie o înălţime minimă de 3 m pentru tensiunea de 35 kV şi 3,75 m pentru tensiuni între 35—110 kV inclusiv.

In sfîrşit de mare importanţă este ca să se ţină seama de măsurile de localizare a pericolului de incendiu privind :

1. Elementele de construcţie (pereţi, stîlpi, ferestre, uşi, planşe, etc.) ;
2. Camerele întrerupătoarelor şi amenajarea bazinelor de ulei pentru întrerupătoarele cu ulei mult ;
3. Ieşirile pentru salvarea personalului ;
4. Distanţele între clădirile învecinate.

b) *Staţiile exterioare.* Măsurile recomandate pentru staţiile interioare se aplică şi la staţiile exterioare. In afară de acestea, pentru staţiile exterioare trebuie luate o serie de măsuri speciale, mai ales în ceea ce priveşte conductoarele aeriene ale staţiei, care se execută sub formă de bare fixe din cupru sau din tuburi de oţel şi sub formă de bare flexibile din cabluri neizolate.

Pentru a preveni ruperea sau desfacerea acestor conductoare, trebuie ca legătura barelor să fie bine executată prin strîngerea în cleme cu buloane, prin presare, sau prin sudură ; în nici un caz însă prin cositorire sau simplă răsucire.

In ceea ce priveşte sarcinile mecanice asupra barelor, trebuie să se ţină seama de acţiunea vîntului, a chiciurii şi a temperaturii, conform condiţiilor din „Prescripţiile pentru construcţia liniilor aeriene de energie electrică peste 1000 V" (partea mecanică). Determinarea sarcinii la barele flexibile trebuie să se facă ţinîndu-se seama de greutatea lanţului de izolatoare şi a coborîrii pînă la echipamente.

Coeficienţii de siguranţă vor fi în raport cu rezistenţa mecanică admisibilă : 4 pentru barele şi armăturile liniei în raport cu rezistenţa la rupere, 4 la izolatoare de suspensie în raport cu sarcina de încercare şi cel puţin 3 la izolatoare de susţinere, în raport cu sarcina de rupere de un minut.

Pentru evitarea scurtcircuitelor, se interzice ca dedesubtul sau deasupra elementelor conducătoare ale unei staţii exterioare, să se instaleze conductoarele aeriene pentru : telecomunicaţii, semnalizare iluminat sau alte cunductoare care transportă energie electrică.

Pentru evitarea pericolului la manevrarea separatoarelor de exterior, dispozitivele de acţionare ale acestora se vor monta la faza din capăt şi nu la faza din mijloc.

Staţiile exterioare de distribuţie vor fi delimitate şi îngrădite în exterior cu un gard înalt de cel puţin 2,5 m. Ingrădirile din interiorul acestui perimetru vor trebui să aibă o înălţime de cel puţin 2 m, iar barierele de cel puţin 1,5 m.

Trebuie asigurate următoarele distanţe minime (*A*), în cazul barelor rigide (fig. 8) între părţile aflate sub tensiune ale diferitelor faze între ele precum şi între aceste părţi şi elementele puse la pămînt.

A = 20 cm pentru o tensiune de regim de 10 kV sau mai mică
A = 25 cm pentru o tensiune de regim de 15 kV
A = 30 cm pentru o tensiune de regim de 20 kV
A = 40 cm pentru o tensiune de regim de 35 kV
A = 60 cm pentru o tensiune de regim de 60 kV
A = 100 cm pentru o tensiune de regim de 110 kV
A = 200 cm pentru o tensiune de regim de 220 kV

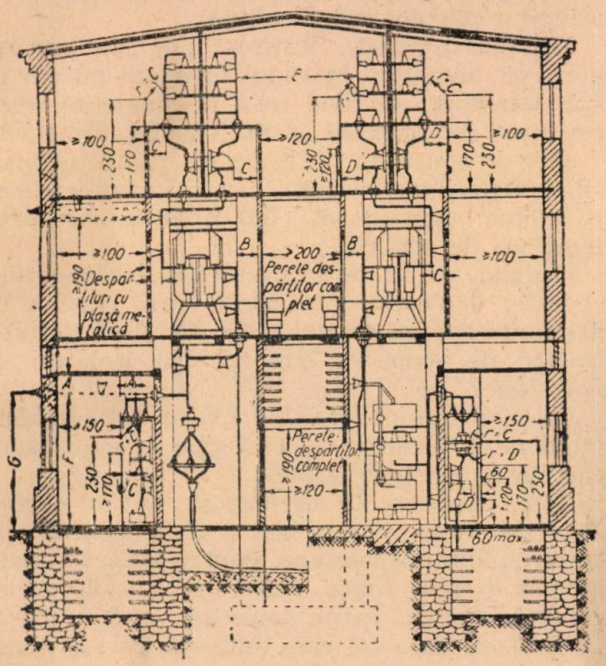


Fig. 7. Distanţele minime admisibile la staţiile exterioare.

Distanţa între părţile conducătoare de curent sau între oricare elemente izolate faţă de pămînt

Toate părţile sub tensiune, aşezate mai sus decît îngrădirile pînă la înălţimea de 2,7 de la sol, trebuie aşezate faţă de planul vertical al îngrădirii, la o distanţă orizontală cel puţin egală cu distanţa A, iar în caz că sînt aşezate la o înălţime de peste 2,7 m, trebuie îndepărtate de linia orizontală — situată la 2,7 m în planul îngrădirii — cu o distanţă cel puţin egală cu distanţa A.

Nu se ngrădesc părţile aflate sub tensiune cînd sînt aşezate la înălţime faţă de sol (C) de cel puţin

C = 300 cm pentru o tensiune de regim de 35 kV şi mai puţin
C = 325 cm pentru o tensiune de regim de 60 kV
C = 375 cm petrun o tensiune de regim de 110 kV
C = 450 cm pentru o tensiune de regim de 220 kV

Nu este necesar să se îngrădească echipamentul electric la care marginea de jos a izolatoarelor este la o înălţime de cel puţin 2,5 m deasupra instalaţiei de distribuţie. Se va păstra o distanţă egală cu (B) între părţile sub tensiune neîngrădite, atît faţă de planul orizontal cît şi de cel vertical.

Cînd este necesară o deservire a instalaţiei în apropierea tensiunii, distanţa orizontală (D) între părţile neîngrădite trebuie să fie cel puţin :

220 cm pentru o tensiune de regim pînă la 35 kV inclusiv
300 cm pentru o tensiune de regim e 60 kV
375 cm pentru o tensiune de regim de 110 kV
450 cm pentru o tensiune de regim de 220 kV

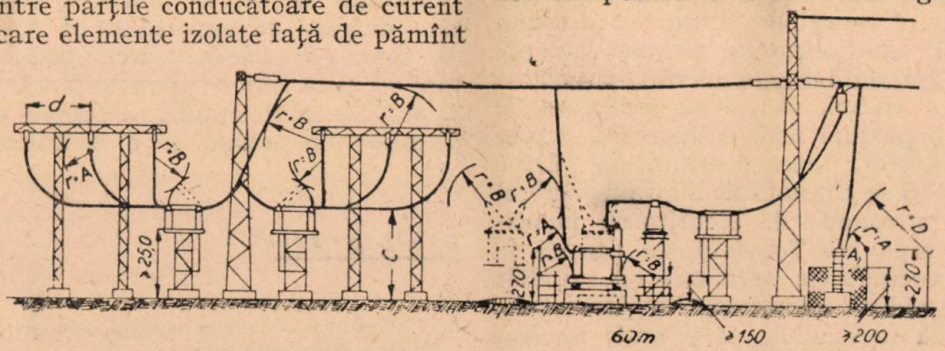


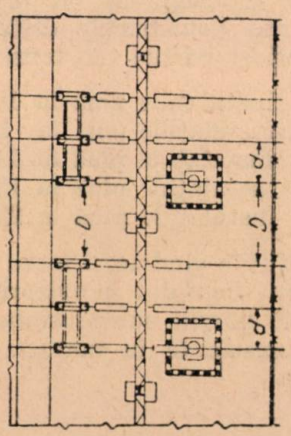
Fig. 8. Distanţele minime admisibile pentru instalaţiile de distribuţie în aer liber

ale echipamentelor şi un perete despărţitor fix, trebuie să fie :

a) în cazul pereţilor despărţitori din reţele de sîrmă : cel puţin 25 cm pentru tensiuni pînă la 15 kV inclusiv ; cel puţin valorile A de mai sus pentru tensiuni de 20 kV şi mai mari

b) în cazul barelor, cel puţin valorile B de mai jos :

B = 100 cm pentru o tensiune de regim pînă la 35 kV
B = 125 cm pentru o tensiune de regim de 60 kV
B = 175 cm pentru o tensiune de regim de 110 kV
B = 250 cm pentru o tensiune de regim de 220 kV



Distanţa între părţile sub tensiune şi marginea superioară a îngrădirii, cît şi distanţele

orizontale dintre părţile sub tensiune şi clădirea instalaţiei de distribuţie interioară, precum şi dintre tabloul de comandă şi transformator, trebuie să fie cel puţin egale cu (D).

Intre axele de suspensie ale barelor flexibile pentru diferite faze aşezate în plan orizontal distanţa (d) se determină cu relaţia :

$$d = k\sqrt{f} + A$$

In care :

k = coeficientul 7,5 la barele de cupru sau aliaj de cupru şi 10 pentru aluminiu.

f = săgeata maximă în cm.

A = distanţa maximă între faze, pentru tensiunea de regim respectivă (indicată mai sus).

Pentru bare flexibile aşezate altfel decît în plan orizontal, distanţele între bare sau între elementele conducătoare de curent ale diferitelor faze sau între ele şi elementele puse la pămînt, trebuie alese mai mari decît distanţele A date mai sus, cu valoarea apropierii posibile din cauza vîntului.

Pentru prevenirea incendiului, trebuie ca în cazul utilizării întrerupătoarelor cu ulei mult şi pentru transformatoare să se prevadă bazine de reţinere a uleiului.

In scopul localizării incendiilor, se vor prevedea distanţele minime în raport cu gradul de rezistenţă, la incendiu a clădirilor învecinate.

3. Exploatare şi lucrări în staţii.

In afara controalelor şi manevrelor curente în staţiile electrice, lucrările se execută numai în baza ordinelor (dispoziţiilor) scrise sau a dispoziţiilor verbale sau telefonice pentru lucrările mai simple. Totodată aceste lucrări, în marea lor majoritate, trebuie făcute cu scoaterea de sub tensiune a părţilor unde se lucrează şi prin punerea la pămînt. Lipsa tensiunii la părţile unde se lucrează se constată de supraveghetorul lucrării, care răspunde de securitatea muncitorilor din echipa sa. Totodată, în caz că se lucrează în vecinătatea tensiunii şi nu sînt demontate îngrădirile permanente reglementare, sau se lucrează în anumite părţi unde nu sînt aşezate astfel de îngrădiri (la înălţime, etc.) trebuie păstrate următoarele distanţe minime între muncitori şi părţile sub tensiune :

0,7	m	pentru instalaţiile	pînă la	10 kV
1	m	pentru instalaţiile	pînă la	35 kV
1,5	m	pentru instalaţiile	pînă la	110 kV
2	m	pentru instalaţiile	pînă la	150 kV
3	m	pentru instalaţiile	pînă la	220 kV

In toate cazurile cînd acest lucru va fi posibil se vor monta îngrădiri provizorii distanţate reglementar de părţile sub tensiune. Placardele avertizoare, prevăzute în normele de tehnica securităţii muncii, vor fi aşezate în toate punctele de lucru pentru avertizarea atît a muncitorilor care execută lucrarea, cît şi a întregului personal de exploatare.

Mijloace individuale de protecţie împotriva electrocutării sînt de două categorii :

Mijloace principale de protecţie, care asigură direct prin izolaţia lor pe muncitor, în cazul atingerii părţiior sub tensiune.

Mijloace auxiliare de protecţie, care nu asigură pe muncitori în cazul atingerii cu părţile sub tensiune, ele fiind însă destinate să ajute acţiunea de protecţie a mijloacelor principale.

Putem considera mijloace de protecţie principale : prăjinile izolante, cleştii izolanţi pentru scoaterea siguranţelor, cînd acestea corespund tensiunii de serviciu.

Mijloace auxiliare de protecţie sînt mănuşile, cismele, covoarele executate din cauciuc şi destinate special acestui scop, cît şi platformele izolate de lemn cu suporţi din izolatori de porţelan.

In cazul tensiunilor sub 1 kV, se pot considera mijloace principale de protecţie : mănuşile de cauciuc şi uneltele izolate.

Este necesar, de asemenea, ca în staţiile electrice să se utilizeze instrumente pentru constatarea lipsei de tensiune. Pentru joasa tensiune, se vor putea utiliza voltmetri sau lămpi de control. Pentru înalta tensiune se vor utiliza imdicatorii cu neon, care lucrează prin acţiunea curentului capacitiv, dar numai aceia corespunzători tensiunii de regim ai instalaţiei.

Tehnica securităţii muncii în staţiile electrice este extrem de importantă şi trebuie tratată din toate punctele de vedere : proiectare, exploatare cît şi în ceea ce priveşte lucrările de montaj în staţiile în funcţiune, în scopul evitării accidentelor de muncă şi a avariilor instalaţiei.

Bibliografie

A. I. Kuznețov — Tehnica securităţii în instalaţiile electrice. Editura Tehnică 1952.

V. I. Korolkova — Electrosecuritatea I.D.T. — 1952.

L. I. Dvoschin — Instalaţiile de distribuţie de înaltă tensiune. Ed. Energetică — 1952.

L. N. Baptidanov şi *V. I. Tarasov* — Îndrumătorul electricianului de camere de comandă şi staţii. Ed. Tehnică — 1952.

Prof. dr. ing. C. Mikloşi şi colectivul său — Manualul pentru electricieni. vol. II. Ed. Tehnică — 1950.

Min. Centralelor Electrice din U.R.S.S. — Culegere de reguli de tehnica securităţii. Ed. Tehnică, 1951.

MEEIE — Norme de tehnica securităţii. vol. I (construcţia şi exploatarea reţelelor de transport, distribuţie şi utilaje a energiei electrice) Ed. C.G.M. — 1951.

MEEIE — Prescripţii de exploatare tehnică a centralelor şi reţelelor electrice. Ed. Energetică de Stat — 1953.

MEEIE — Prescripţii pentru instalaţii de distribuţie şi staţii cu o tensiune mai mare ca 1000 V. 1954.

O CONSFĂTUIRE FOLOSITOARE

Filiala A.S.I.T. Ploești în grija permanentă de a contribui la răspîndirea noilor metode aplicate în toate domeniile tehnice care au legătură directă mai ales în sectorul industriei petrolifere, ca fiind industria reprezentativă a regiunii, a inițiat și ținut o consfătuire cu toți energeticii din schele și din rafinării, tratînd problema supratensiunilor atmosferice, provocate de descărcările electrice și influența lor asupra rețelelor de înaltă și joasă tensiune cît și asupra utilajului electric de înaltă și joasă tensiune.

An de an, în sezonul descărcărilor atmosferice, se produc cu efect imediat al supratensiunilor induse pe rețelele de transport și în instalațiile de transformatori care sînt capetele terminale a liniilor aeriene, deteriorări grave ale liniilor și mai ales a aparaturii din stațiile de transformare.

Prin aceste defecțiuni se produc întreruperi totale în alimentarea instalațiilor electrice din schelele petrolifere.

Ca urmare, sînt provocate oarecari pierderi în extracția de țiței, parafinări de conducte, etc., în cazul forajului electric, avarii de fund și în rafinării opriri de instalații cu unele incendii și distrugeri de instalații.

Aceste cauze care prezintă un punct slab în sistemul electroenergetic al industriei de petrol, la proectarea instalațiilor de importanță capitală care trebuie să aibă un mers continuu (compresoare), adică fără nici o întrerupere, sînt un motiv serios în calea electrificării lor și adesea se adoptă instalații termice. De aceia considerăm consfătuirea inițiată de o mare actualitate și desigur importantă, ceea ce a făcut ca și Consiliul Central A.S.I.T. București, să aprecieze acest fapt, acordînd sprijinul său prin delegarea tov. dr. ing. Avramescu și tov. Ing. Drăgan, care prin referatele lor conexate cu referatul tov.Ing. Gayraud din partea Subfilialei Cîmpina, au arătat aspectul fizic al fenomenelor și metodele actuale cele mai eficace pentru protecție.

Temele prezentate au fost:

1. *„Supratensiunile atmosferice"* — referat expus de tov. dr. ing. Avramescu Aurel.

2. *„Protecția instalațiilor electrice împotriva supratensiunilor atmosferice"* — referat expus de tov. ing. Gleb Drăgan, delegat al Academiei R.P.R.

3. *„Problema supratensiunilor atmosferice în instalațiile energetice ce deservesc industria de petrol din sistemul Muntenia, în lumina cifrelor statistice"* — referat expus de tov. ing. Gayraud J. — I.E.C. Filiala A.S.I.T. Ploești.

Primul referat a prezentat un deosebit interes, pentru că a lămurit felul propagării supratensiunilor în liniile aeriene de înaltă tensiune, dînd naștere undelor reflectate sub tensiuni foarte ridicate și care provoacă scurgeri la pămînt fie prin puncte slabe creiate în izolatori, fie la capete de linii cu returnări de unde ce se amplifică, fie cu descărcări în aparatele de protecție din stații.

După o amplă redare a efectelor acestor fenomene, arată măsurile de protecție luate prin aplicarea paratrăznetelor, paratoneri, prelungirea liniilor de cap cu cca.40—60 m. peste punctul alimentat, paratoneri Franklin și în special evidențiază eficacitatea utilizării cablului armat subteran cu o secțiune minimă de 16mm pe o lungime de cca. 40 m. care să facă legătura între stîlpul din apropierea stației de transformatori și agregatul de protecție înainte de intrarea în transformator și respectiv înainte de intrarea în receptor. Prin acest sistem se reduce tensiunea la 18% din valoarea amplificată.

Analizează cu cunoscuta-i competință importanța firului de pămînt și insistă a arăta că stîlpii de lemn susținători de linii aerieni, provoacă foarte dese întreruperi. Recomandă ca firul de gardă să fie pus la pămînt din 2 în 2 stîlpi, pentru a reduce cîmpul electrostatic.

Redă și insistă a demonstra că firul de gardă nu este absolut necesar la liniile de 6 kV și chiar la 10 kV. Precizează că unii autori sovietici sînt în curs de studiu asupra utilității acestui fir de gardă și la liniile de 35 kV, în momentul cînd rețeaua este protejată de paratrăznete și paratoneri Franklin (la stații și cu un unghi care să nu depășească 60°).

Intrebările puse și lămuririle cerute de asistență a arătat interesul depus de fiecare în parte. S-a insistat ca tov. dr. ing.Avramescu să depună

un rezumat al conferinţei sale la Filiala A.S.I.T.Ploeşti, pentru a fi pelucrată cu energeticii din fiecare schelă şi în special în regiunea Moldova, unde descărcările atmosferice sînt foarte dese.

Ţinem să precizăm că urmare a acestei conferinţe Sovrompetrol a şi introdus legătura cu cablu armat subteran de 6 kV. la o nouă staţie de trasformatori şi linie în lungime de 5.000 m.

Din cauza lipsei de noi date şi analize de studiu nu s-a aplicat suprimarea firului de gardă, deşi se utilizează şi paratoneri fapt ce ar implica importante economii şi implicit reducerea preţului de cost. —

— *Al doilea referat* prezentat de tov. ing. Drăgan, arată sistemele de protecţie a aparatelor din instalaţii şi redă importanţa protecţiei prin paratoneri tubulari care este mai eficace decît firul de protecţie (de pămînt) la liniile de 6 şi 10 kV.

Faţă de importanţa ce prezintă întreruperile de curent provocate de descărcările electrice, recomandă întrerupătoare aut. cu reanclanşare rapidă. Acest tip a fost montat şi experimentat dînd satisfacţie cu un procent de 90 — 95%, arătînd că tensiunea amplificată nu a putut atinge transformatorii, respectiv receptorii.

După ce s-au cerut lămuriri asupra diferitelor aparate şi sistemului de comportare, tov. Ing. Drăgan a fost rugat să lase ASIT-ului Filiala Ploeşti, un rezumat al celor expuse pentru a fi prelucrate şi analizate cu energeticii din diferite sectoare şi în special cu cei din Moldova.

— *Al treilea referat* prezentat de tov. ing. Gayraud J. redă fenomenologia descărcărilor atmosferice în reţelele de înaltă tensiune din regiunea subcarpatică Muntenia.

Cu o statistică bine întocmită, cu observaţii în timp şi cu un studiu al efectelor suferite de sistemul energetic, evidenţiază cum se produc întreruperile şi influenţa lor asupra reţelei, aparatajului de protecţie şi a instalaţiei însăşi.

Arată cum a obţinut o reală îmbunătăţire prin aplicarea de paratoneri catodici şi cu multă competenţă evidenţiază rezultatele obţinute în aplicarea paratonerilor Franklin.

Datorită acestor paratoneri Franklin, se constată o reducere simţitoare a întreruperilor şi ca urmare arată că va extinde aplicarea la toate staţiile mari de transformatori ce sînt în curs de montare.

Rezultatele obţinute vor fi urmărite atît ca studiu cît şi statistic.

Ca o concluzie a acestei consfătuiri în care s-au expus cele 3 referate, s-a constatat că energeticii prezenţi au reţinut noile cunoştinţe căpătate şi au şi aplicat în practică o parte din ele.

HOVANSCHI S.G. : Calculul hidraulic al conductelor cu secţiune circulară cu ajutorul nomogramelor, Editura Ministerului Gospodăriilor Comunale, Moscova, 1952 (traducere din limba rusă de I.D.T.).

În broşura de mai sus, se dau o serie de nomograme originale pentru calculul conductelor cu secţiune circulară după formula lui N.N.Pavlovschi. În Uniunea Sovietică, se execută anual un volum mare de lucrări de conducte, ale căror dimensiuni se stabilesc prin calcule hidraulice. Prelucrarea acestor calcule este mult simplificată, cu ajutorul nomogramelor elaborate pe baza unor formule ce servesc la calcule hidraulice.

Acad.N.N.Pavlovschi a construit o nomogramă pentru calculul hidraulic al conductelor cu secţiune circulară, la baza căreia se află formula :

$$C = \frac{1}{n} R^{2,5} \sqrt{n} - 0{,}13 - 0{,}75 \sqrt{R} \left(\sqrt{n} - 0{,}10\right),$$

în care :

C este coeficientul lui Chézy ;
n — coeficientul de rugozitate ;
R — raza hidraulică în m $(0{,}1 \leqslant R \leqslant 3)$.

Sistemul de ecuaţii, care permit determinarea debitului şi vitezei din conducte circulare, este rezolvat cu ajutorul unei rigle, la valorile corespunzătoare ale coeficientului de rugozitate.

În prima parte a broşurii, se dau formulele ce servesc pentru calculul debitului şi vitezei, în forma transformată care permite nomografierea ei. Aspectul general al coeficientului C se prezintă sub forma :

$$C = F(n,d)\, R^{y},$$

în care :

$F(n,d)$ este o funcţie care depinde de diametrul conductei şi de coeficientul de rugozitate,
y — indice constant,
R — raza hidraulică a conductei, determinată cu ajutorul unei ecuaţii

$$R = d \frac{\frac{1}{4} \operatorname{arc\,cos} \cdot \left(1 - 2\frac{h}{d}\right) - \left(\frac{1}{2} - \frac{h}{d}\right) \sqrt{\frac{h}{d}\left(1 - \frac{h}{d}\right)}}{\operatorname{arc} \cdot \cos \cdot \left(1 - 2\frac{h}{d}\right)}. \qquad (5)$$

Într-un alt capitol, se arată nomogramele pentru calculul conductelor circulare cu ajutorul formulei acad.N.N. Pavlovschi, transformată în formulele :

$$Q = Cw\sqrt{Ri} \text{ şi}$$
$$v = C\sqrt{Ri},$$

în care :

Q este debitul în m^3/s ;
v — viteza m/s ;
w — suprafaţa secţiunii udate, în m^3 ;
i — panta ;
d — diametrul conductei în m ;
$\frac{h}{d}$ — gradul de umplere.

Broşura mai cuprinde reguli de urmat pentru rezolvarea problemelor principale cu ajutorul nomogramei şi exemple pentru calculul conductelor forţate.

Pentru comparaţie, se dă nomograma construită după formula lui Maning :

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6}.$$

Din această comparaţie, rezultă că acest calcul hidraulic al conductelor cu secţiune circulară, conform formulei acad. Pavlovschi, este tot atît de simplu ca şi calculul cu ajutorul formulei Maning, folosit încă în Uniunea Sovietică.

ZINGORENGO I.G. ,SILIN A.N. : Hidromecanizarea lucrărilor executate cu chesoane, Editura de Stat pentru transportul Feroviar, Moscova, 1949 (traducerea din limba rusă de Editura Tehnică a Transporturilor).

Cartea cu titlul de mai sus tratează şi sintetizează experienţa folosirii hidromecanizării lucrărilor executate cu chesoane şi dă o metodă nouă pentru calculul instalaţiilor de hidromecanizare în scopul de mai sus.

În primul capitol, se trece în revistă dezvoltarea mecanizării lucrărilor sub apă şi a lucrărilor executate cu chesoane, evacuarea pămîntului prin dragare din puţuri deschise, prin suflare cu ajutorul aerului comprimat, cu ajutorul pompelor de noroi şi cu ajutorul hidroelevatorului.

Capitolul II tratează despre metoda de coborîre hidromecanică a chesoanelor. Procesele în legătură cu extragerea pămîntului în cheson, evacuarea pămîntului din camera de lucru la suprafaţă şi transportarea de la cheson la depozit se fac în această metodă prin acţiunea apei.

Se descrie modul de elaborare al procesului tehnologic şi se expun condiţiile ce se cer unei instalaţii de hidromecanizare. Cel mai avantajos dispozitiv de transportare pentru lucrările executate cu chesoane este hidroelevatorul.

Urmează o descriere a unei instalaţii de hidromecanizare-tip, pentru chesoane pînă la 300 m^2 suprafaţă.

Hidroelevatorul este partea cea mai importantă într-o instalaţie de hidromecanizare, întrucît de funcţionarea lui depinde productivitatea întregii instalaţii, respectiv reuşita coborîrii chesonului în condiţii tehnice şi economice satisfăcătoare. Instalaţia hidroelevatorului se compune din hidroelevatorul propriul zis, supapele de oprire, vana, presetupa rotativă şi grătarul. Se descrie fiecare parte din aceste componente.

În acelaşi capitol, se mai descriu hidromonitoarele care sînt folosite pentru extragerea pămîntului prin metoda hidromecanică, folosind acţiunea de dărîmare a curentului de apă sub presiune asupra terenului şi capacitatea de spălare a apei.

Se dau detalii asupra metodelor de executare a lucrărilor, respectiv a procesului de extragere a pămîntului în cheson, a funcţionării mecanismelor, a evacuării pămîntului din cheson.

Pompele şi staţiile de pompare — fixe sau mobile, respectiv cu instalaţii plutitoare — constituie o parte importantă a unei instalaţii de hidromecanizare. Cartea dă îndrumări pentru alegerea tipului staţiilor de pompare, în funcţie de condiţii locale şi de volumul lucrărilor.

Capitolul acesta se încheie cu descrierea sumară a lucrărilor necesare pentru montarea şi demontarea utilajului de hidromecanizare şi cu indicaţii sumare privitoare la organizarea acestor lucrări şi la tehnica securităţii.

Capitolul III tratează despre calculul instalaţiei de hidromecanizare, problemă asupra căreia — arată autorii — există numai indicaţii izolate. În cadrul acestui calcul intră stabilirea productivităţii şi instalaţii de hidroelevator în condiţii date, alegerea unui tip de hidroelevator cu dimensiuni geometrice avantajoase, stabilirea unei productivităţi economice

a hidromonitorului, alegerea utilajului de pompare capabil să asigure cantitatea de apă necesară şi cu o presiune dată.

Se mai face o analiză a ecuaţiilor de bază, care servesc la stabilirea caracteristicilor hidroelevatorului şi se dau o serie de nomograme pentru calculul grafic al acestor caracteristici.

Capitolul se încheie cu formule privitoare la calculul hidromonitorului, respectiv la stabilirea diametrului ajutajului pentru productivitatea şi presiunea precisă.

Ultimul capitol al cărţii tratează despre metoda automată de coborîre a chesonului, metodă care prevede lucrul, fără prezenţa oamenilor în camera de lucru. Procesele pentru desprinderea pămîntului, evacuarea lui la suprafaţă, sînt complet mecanizate şi efectuate prin acţiunea apei. Se descriu elementele componente ale procesului tehnologic, în funcţie de situaţia camerei chesonului, în stare inundată sau umplută cu aer comprimat. În primul caz, instalaţia este compusă numai dintr-o instalaţie de extragere ; în al doilea caz, dintr-o instalaţie de extragere şi una de hidromecanizare.

Acest capitol cuprinde şi exemplificări de lucrări de acest fel la poduri importante din U.R.S.S.

Numeroase schiţe şi desene contribuie la înţelegerea textului. Prezentarea grafică este satisfăcătoare.

PISCUNOV P.I. : Decantoare orizontale pentru instalaţii de alimentare cu apă, Editura de Stat pentru literatura de construcţii şi arhitectură, Moscova, 1953.

Autorul prezintă în această lucrare o nouă metodă pentru calculul decantoarelor orizontale şi cu etaje ale instalaţiilor de alimentare, cu apă. Metoda propusă a fost elaborată pe baza teoriei prof.A.M.Velicanov şi a formulei Dr. în Ştiinţe Tehnice A.A. Trufanov, pentru calculul componentei ponderate a vitezei de sedimentare şi a fost verificată de autor, prin experienţe făcute timp de trei ani în două decantoare din oraşul Gorki, alimentate cu apa rîului Oke.

Faţă de metodele anterioare de calcul al acestor construcţii, metoda propusă de P.I.Piscunov prezintă o serie de avantaje, dintre care enumerăm :

1. Stabilirea unei dependenţe între viteza aleasă pentru curgerea apei în decantor şi adîncimea medie a acestuia.
2. Precizarea vitezei de sedimentare a celei mai mici particule reţinute de decontor (viteza de cuprindere).
3. Calcularea perioadelor de funcţionare a decantoarelor între două curăţiri succesive, ţinînd seama de grosimea-limită a stratului de depuneri, în care coeficienţii hidromecanici de exploatare se găsesc deasupra limitei admisibile.
4. Compararea tehnico-economică a diferitelor soluţii posibile în proiectarea decantoarelor.
5. Explicarea funcţionării nesatisfăcătoare a instalaţiilor existente, ceea ce permite luarea unor măsuri pentru obţinerea unor mai bune rezultate în exploatare. Autorul ajunge la concluzia că eficacitatea decantoarelor cu etaje, care funcţionează cu introducerea curentului dintr-un etaj în altul, este nesatisfăcătoare şi, deci propune modificarea lor pentru funcţionarea etajelor în paralel. De asemenea, nu este recomandabilă funcţionarea în serie a decantoarelor orizontale şi, deci, utilizarea acestui mod de exploatare trebuie evitată.

Analizînd formulele utilizate pînă în prezent pentru calculul decantoarelor, autorul arată că acestea nu pot fi utilizate din cauza fenomenelor de coagulare care modifică procesul de sedimentare.

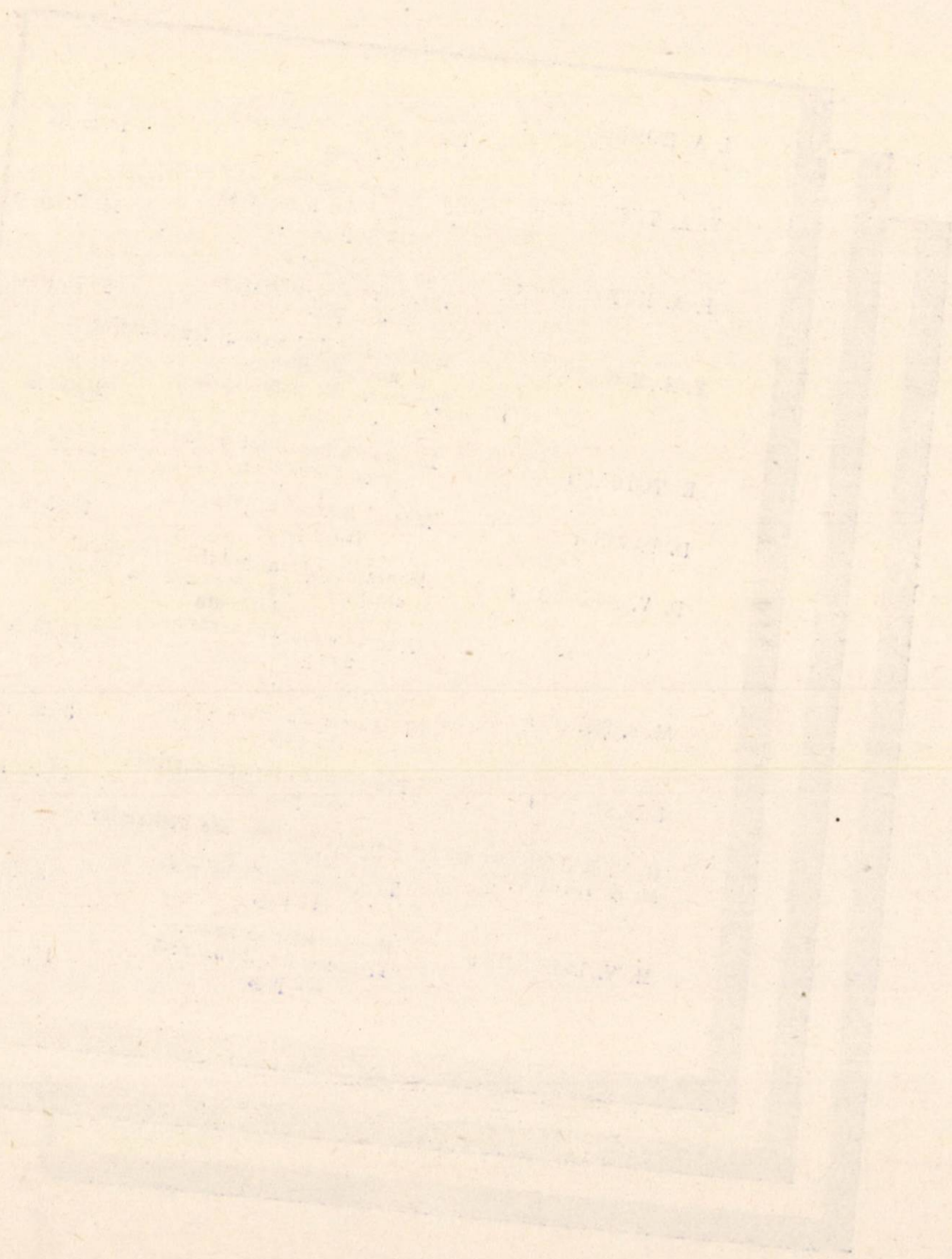
Cu ajutorul unor exemple de calcul, problema dimensionării decantoarelor, prin metoda propusă, este complet lămurită.

Lucrarea Prof.Dr. în Ştinţe Tehnice P.I.Piscunov are o deosebită importanţă în rezolvarea problemei decantoarelor şi prin faptul că ea ţine seamă de toate cercetările şi studiile anterioare- constituind o etapă care aduce un aport însemnat în tehnica alimentărilor cu apă.

V. V. Mihailov Determinarea regimului economic de funcţionare a transformatorilor. Energheticeschi biuletin Nr.6 ; 1953 pag. 13—18 ; 8 fig. 2 tabele, 9 form.

In articol se examinează printr-o metodă grafică şi una analitică, problema alegerii regimului de funcţionare a transformatorilor care să asigure pierderi minime. Se dau relaţii pentru determinarea încărcării economice a unui transformator, deduse din condiţia pierderilor specifice minime, atît în cazul funcţionării la sarcina normală, cît şi pentru o sarcină variabilă. Utilizînd aceste relaţii se poate trasa variaţia pierderilor specifice în funcţie de încărcare, pentru diferiţi transformatori, putîndu-se trage concluzii asupra regimului economic de funcţionare pentru fiecare transformator precum şi asupra eficacităţii înlocuirii transformatorilor subîncărcaţi.

Considerînd cazul că în staţie sînt instalaţi transformatori de puteri diferite, regimul economic al funcţionării în paralel al acestora este determinat pe cale grafică cu ajutorul curbelor pierderilor relative, în care scop se trasează curbe pentru fiecare transformator fnncţionînd separat şi apoi o curbă pentru transformatori funcţionînd simultan în paralel. Metoda analitică indicată în articolul dă posibilitate a se determina regimul economic de funcţionare precum şi economia de putere realizată în cazul trecerii de la un transformator la altul fără nevoia întocmirii de grafice şi utilizînd numai datele din fişa de fabricaţie a transformatorului respectiv.



CĂRȚI APĂRUTE
ÎN
„EDITURA ENERGETICĂ DE STAT"

I. A. DOMBROVSKI :	**Antene** Traducere din limba rusă 392 pag.	18,45 lei
V. A. TUȘMALOV :	**Ascensoare electrice** Traducere din limba rusă 208 pag.	11,45 lei
P. A. KOTOV ș. a. :	**Curs de telegrafie** Traducere din limba rusă 508 pag.	23,70 lei
V. N. MOJAEV :	**Echipamentul electric al tractoarelor și autovehiculelor** Traducere din limba rusă 344 pag.	21,40 lei
E. TOTOLO :	**Ecranarea cazanelor de abur** 288 pag.	14,70 lei
D. PAVEL :	**Mașini hidraulice** (vol. I) 423 pag.	17,15 lei
D. V. SOKOLOV :	**Montarea echipamentului electric al stațiilor de transformare din întreprinderile industriale** Traducere din limba rusă 208 pag.	10,40 lei
M. S. ȘKROB :	**Pregătirea apei** Traducere din limba rusă 488 pag.	30,25 lei
I. NERESCU :	**Probleme de termodinamică** 304 pag.	14,10 lei
G. M. KNORRING și M. K. HARCEV :	**Rețelele electrice ale atelierelor din fabrici** Traducere din limba rusă 144 pag.	8,50 lei
M. V. LEBEDEV :	**Rețele electrice urbane** Traducere din limba rusă 252 pag.	13,90 lei

E 2039

OMP

KAT

ENERGETICA
şi
HIDROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R. ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Institut de Documentare Tehnică
BUCUREŞTI
OBMEH - CSERE
VYMENA - WYMIANA
TAUSCH - CMEHA

7-8

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT
1954

Országos Műszaki Könyvtár BUDAPEST

ENERGETICA ŞI HIDROTEHNICA

Apare lunar sub îngrijirea unui Comitet de Redacţie

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Anul II ★ 1954 ★ Nr. 7-8 Redacţia: Bucureşti, str. I Ghica nr. 3 ★ Tel. 3.07.30 3.57.28

SUMARUL

Pag.

C. Dinulescu: Pătrunderile de aer fals la cazanele de abur. 237

B. Marcu: Metode practice de determinare a diagramelor vectoriale 242

Anghel Vasilescu: Influenţa redresorilor cu mercur asupra reţelelor electrice 251

V. Proroceanu: Legături electrice de contact în staţiile de transformare aeriene 261

Sorin Ştefănescu: Verificarea debitmetrelor de abur 269

V. Cozelciuc. Despre importanţa energetică şi calculul ejecţiei în bieful aval al uzinelor hidroelectrice submersibile 276

DIN EXPERIENŢA U.R.S.S.

V. R.: Alimentarea centralelor termoelectrice cu apă mixtă de răcire 290

J. Weisman: Siguranţele de înaltă tensiune de tipul „PK“ 294

CRONICA

Prescripţiile de exploatare tehnică a centralelor şi reţelelor electrice 297

DIN ACTIVITATEA A.S.I.T.

Rezoluţia consfătuirii privind stabilirea şi reducerea consumurilor specifice de energie electrică în industrie 298

RECENZII 300

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

К. Динулеску: Проникновение присосов в паровые котлы 237

Б. Марку: Практические способы снятия векторных диаграмм 242

Ангел Василеску: Влияние ртутных выпрямителей на электрические сети 251

В. Пророчану: Электрические контактные соединения в наружных трансформаторных подстанциях 261

Сорин Штефанеску: Проверка расходомеров пара 269

В. Козелчук: О энергетическом значении и расчете эжекциииз нижнего бьефа подводных ГЭС 276

ИЗ ОПЫТА СССР

В. Р.: Питание ТЭС смешанной охлаждающей водой 290

Ж. Вайсман: Высоковольтные предохранители типа ПК 294

ХРОНИКА

* * *: Нормы технической эксплоатации электрических станций и сетей 297

ИЗ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ А.С.И.Т.

Резолюция совещания по установлению и снижению удельных расходов электроэнергии в промышленности 298

РЕЦЕНЗИИ 300

REDACŢIA: Bucureşti, str. I. Ghica nr. 3
Raionul Tudor Vladimirescu
Telefon: 3.07.30, 3.57.28

PĂTRUNDERILE DE AER FALS LA CAZANELE DE ABUR

CONSECINŢE ŞI REMEDII

Ing. C. DINULESCU

Autorul prezintă unul din aspectele exploatării cazanelor din centralele noastre termoelectrice care are o mare influenţă asupra consumului de combustibil şi asupra funcţionării centralelor. Semnalarea şi discutarea în revista noastră a unor astfel de aspecte este deosebit de utilă. Redacţia invită pe energeticieni să participe activ prin articole sau comunicări izvorîte din practică la lămurirea lor. Astfel de articole sau comunicări ar putea dezbate problemele: controlul arderii diverşilor combustibili, exploatarea condensatorilor turbinelor cu abur etc.

Din partea redacţiei

Fără să aducă elemente noi în problema pătrunderilor de aer fals în cazanele de abur, problemă care este tratată în diferite cărţi de specialitate consideraţiile de faţă sînt inspirate numai din situaţia necorespunzătoare care mai dăinuie încă în majoritatea centralelor termoelectrice.

Intr-adevăr, din cercetările făcute în ultima vreme în centralele termoelectrice din ţara noastră, rezultă că nivelul tehnic de exploatare este încă departe de a fi satisfăcător.

Pe de altă parte, din constatările făcute în diferite întreprinderi, de Inspectoratul Energetic înfiinţat de curînd în cadrul MEEIE, rezultă că, în majoritatea centralelor termice şi în special în cele de putere mai redusă, exploatarea se face în condiţii şi mai rele decît în centralele termoelectrice.

Cu excepţia cîtorva centrale termoelectrice mari, în care indicii tehnico-economici de exploatare sînt corect stabiliţi şi efectiv realizaţi, în majoritatea celorlalte centrale, indicii tehnico-economici nu sînt realizaţi deşi valorile planificate sînt relativ larg stabilite.

Lăsînd de o parte cazurile excepţionale reprezentate fie prin centralele foarte bine exploatate, fie prin acelea în care nu există nici un fel de preocupare pentru mersul economic şi deci luînd în considerare marea majoritate a centralelor, se poate afirma cu suficientă siguranţă că în stadiul actual de exploatare, consumul specific de combustibil poate fi redus cu un procent variind de la 3% pînă la 15% după calitatea întreţinerii şi după conştiinciozitatea personalului de exploatare.

Precizăm că această îmbunătăţire poate fi realizată numai printr-o mai îngrijită întreţinere curentă şi o mai bună exploatare, fără a recurge deci la lucrări importante de reparaţii capitale sau la înlocuiri, modificări etc.

Deşi în cele de faţă ne propunem să analizăm consecinţele numai a unui singur aspect de neglijenţă în exploatare şi anume pe acela al pătrunderilor de aer fals în cazanele de abur totuşi pentru o orientare mai bună vom enumera pe scurt toţi factorii care pot să influenţeze mersul economic al unei centrale.

I. Factorii care pot să influenţeze funcţionarea economică a unei centrale termoelectrice. Mijloacele prin care se poate obţine mersul economic al unei termocentrale pot fi despărţite în două categorii principale :

A. Mijloacele care comportă înlocuiri de piese, modificări de instalaţii, modernizări, etc. care reclamă cheltuieli de reparaţii capitale şi care deci nu pot fi influenţate de personalul de întreţinere şi exploatare.

B. Mijloacele dependente exclusiv de personalul de întreţinere şi de exploatare, precum şi de conducerea tehnică.

Mijloacele din categoria (A) le vom enumera numai promemoria, deoarece conducerea centralei trebuie să le aibă în mod continuu în vedere în scopul aplicării lor planificate pe măsura uzurii sau învechirii părţii respective de instalaţie.

Aceste mijloace înşirate nu numai după importanţa lor funcţională sau economică ci şi după urgenţa cu care ele sînt resimţite în centralele noastre sînt :

a) Completări, modernizări sau chiar totala înlocuire a instalaţiilor de preparare chimică şi termică a apei de alimentare.

b) Inlocuiri de economizoare.

c) Schimbarea ajutajelor şi a paletelor rotorice şi statorice uzate, precum şi înlocuirea paletelor lipsă la turbinele cu abur.

d) Inlocuiri sau completări de instrumente de măsură şi de control.

e) Inlocuiri de ţevi la ecranele şi supraîncălzitoarele cazanelor şi la condensatorii turbinelor.

f) Inlocuiri de rotoare la pompele de condensaţie.

g) Schimbarea arzătoarelor de păcură, de cărbune pulverizat, de gaze etc.

h) Modificarea instalaţiilor de pregătire şi arderea cărbunelui pentru adaptarea lor la combustibilul disponibil sau dacă aceasta nu este posibil, folosirea combustibilului pentru care centrala respectivă a fost construită.

Mijloacele din categoria (B) enumerate de asemenea în ordinea în care ele sînt mai necesare

în stadiul actual de exploatare din centralele noastre sînt :

a) Deservirea corectă a instalaţiei de prepararea apei de alimentare şi controlul susţinut al apei de alimentare, din cazane şi a aburului produs.

b) Curăţarea conştiincioasă şi periodică în interior şi exterior a tuturor ţevilor şi suprafeţelor schimbătoare de căldură la cazane şi la turbine.

c) Controlul arderii în focare.

d) Controlul pătrunderilor de aer fals la cazane şi la instalaţiile de vacuum : condensatori, pompe, preîncălzitoare etc.

e) Intreţinerea continuă şi etalonarea periodică a instrumentelor de măsură şi control.

f) Repartiţia optimă a sarcinii între principalele agregate ce lucrează în paralel : cazane, grupuri turbogeneratoare, etc. Funcţionarea de bază la sarcina optimă a agregatelor cu randament maxim şi preluarea variaţiilor de sarcină cu agregatele avînd randament mai scăzut.

g) Reducerea la minimum necesar a numărului de agregate ţinute în rezervă turnantă sau caldă şi oprirea anumitor grupuri în perioadele de sarcină redusă.

h) Menţinerea parametrilor nominali.

i) Evitarea prin reparaţii şi întreţinere curentă a tuturor pierderilor şi scăpărilor de abur, apă caldă, combustibil etc, prin ventilele de purjare, drenare etc.

j) Intreţinerea în bună stare a arzătoarelor şi instalaţiilor de pregătirea combustibilului.

In centralele termoelectrice de importanţă mare şi medie toate aceste mijloace de ameliorare a funcţionării centralelor sînt mai mult sau mai puţin cunoscute tehnicienilor şi organelor de conducere ; nu se poate spune acelaşi lucru despre organele de conducere din centralele mici.

Cu deosebită greutate poate interveni personalul de exploatare asupra mijloacelor de la punctele *a*) *c*) *d*) şi *f*). In special pentru controlul arderii în focare, personalul de exploatare trebuie să depună o muncă atentă, conştiincioasă şi grea dacă cazanele respective nu sînt înzestrate cu suficiente instrumente de măsură şi control şi cu dispozitive de acţionare la distanţă. Munca şi atenţia necesară trebuie stimulate şi prin acordarea de premii just distribuite.

Mai puţin cunoscute decît toate celelalte cauze care provoacă creşterea consumului de combustibil este pătrunderea de aer fals în interiorul cazanelor, pentru că :

— Personalul de exploatare nu este destul de convins de gravitatea consecinţelor pătrunderilor de aer fals şi aceasta pentru că nu este complet lămurit.

— Tehnicienii şi conducerea cunosc în marea majoritate a cazurilor mai mult sau mai puţin efectele economice dar nu le cunosc şi pe cele de funcţionare : reducerea producţiei cazanelor, depuneri de zgură şi de funingine, solicitări exagerate a anumitor părţi din cazane etc. Din această cauză nici nu insistă suficient pentru a lămuri personalul de exploatare şi pentru a-i impune măsurile necesare de combaterea pătrunderilor de aer fals.

Pentru acest motiv ne vom ocupa în cele ce urmează în mod special de consecinţele acestor pătrunderi şi de posibilităţile de combaterea lor.

II. Ce sînt pătrunderile de aer fals. Este cunoscut că pentru arderea completă a oricărui combustibil este nevoie de o cantitate anumită de oxigen, respectiv de aer. Pentrucă oricît de perfect ar fi sistemul de ardere, nu se poate obţine practic amestecul întregii cantităţi de aer introdus cu combustibilul, pentru a nu rezulta pierderi de combustibil prin particule nearse se admite chiar prin arzătoare un anumit exces de aer variabil cu natura combustibilului, cu tipul arzătorului şi cu alţi factori. Orice altă cantitate de aer suplimentar peste acest exces pătruns în interiorul cazanului, prin arzătoare sau prin alte căi se numeşte aer fals.

Care sînt căile de pătrundere ale acestui aer fals ?

Dacă avem în vedere că tot interiorul cazanului începînd de la focar şi pînă la coşul de evacuarea gazelor sau pînă la aspiraţia ventilatorului de tiraj forţat, se găseşte în depresiune faţă de atmosferă, depresiune care poate să varieze de la 2—3 mm CA pînă la 200 mm CA, este lesne de înţeles dece pătrunde aerul din atmosferă în cazan prin toate intrările posibile pe care le găseşte deschise sau prin orice fisuri sau defecte de etanşeitate. Evident că cu cît depresiunea este mai mare în dreptul neetanşeităţii respective cu atît pătrunderea de aer este mai importantă.

Pentru orientare dăm pe scurt şi în ordinea importanţei lor o enumerare a principalelor intrări posibile :

1. In partea superioară a preîncălzitoarelor de aer la rosturile de dilatare : fie din cauză că la montaj nu au fost corect sudate sau bine etanşate, fie din cauză că în timpul funcţionării s-au deteriorat. Diferenţa de presiune la neetanşeităţile preîncălzitorului de aer fiind maximă (presiune mare în canalul de aer şi depresiune maximă în canalul de gaze), intrările de aer prin acest punct pot deveni îngrijorătoare şi deci trebuie cercetate foarte atent atît la prima recepţie cît şi după fiecare reparaţie capitală.

2. Zidăria refractară a focarului nu poate fi executată perfect etanşă şi în orice caz în exploatare apar fisuri, iar şamotul dintre cărămizi poate fi aspirat ; de asemenea rosturile de dilatare pe la colţuri şi la diferite înălţimi, etanşate cu şnur de asbest devin neetanşe cu timpul. Chiar dacă depresiunea în focar este mică (3—15 mm CA) intrările pot să devină supărătoare din cauza suprafeţelor foarte mari ale pereţilor focarului.

3. Zidăria refractară a restului cazanului, deşi suferă mai puţin în exploatare permite de asemenea intrări importante din cauza suprafeţelor mari şi din cauza depresiunii crescînde.

4. Imbrăcămintea metalică din tablă sudată sau din cărămidă roşie, din cauza sudurii prost

executată respectiv din cauza crăpăturilor în rosturile de cărămidă.

5. Prin arzătoarele scoase din funcţie sau prin acelea ale combustibilului de rezervă, din cauza închiderii imperfecte a clapelor de aer.

6. Prin însăşi arzătoarele în funcţie din cauza admiterii unui exces de aer mai mare decît cel normal şi aceasta din cauza neglijenţei personalului sau din cauza amestecului imperfect rezultat din deformarea sau din uzura arzătoarelor.

7. Prin clapele de evacuarea cenuşii şi a zgurii sau prin uşile cenuşarului imperfect închis.

8. Prin uşile de vizitare, vizori, găurile de introducere a instrumentelor de măsură etc.

9. Prin găurile de trecere ale ţevilor de ecrane.

10. In jurul tamburului la trecerea acestuia prin pereţi.

11. In jurul ramei de susţinere a economizorului.

12. Prin rosturile dintre zidărie şi construcţia metalică.

III. Consecinţele pătrunderii de aer fals. Aspirarea aerului prin arzătoare, circulaţia gazelor prin cazan şi evacuarea gazelor în atmosferă se fac după cum se ştie printr-o instalaţie de tiraj (cu ventilatoare sau numai cu coş înalt), a cărui caracteristici, presiune şi debit se calculează astfel, încît să se poată aspira cantitatea necesară de aer cu excesul normal şi să se poată evacua cantitatea de gaze rezultată, mărită cu procentul admisibil de aer fals. Debitul instalaţiei de tiraj fiind limitat este evident că orice intrare mărită de aer va avea ca consecinţă inevitabilă scăderea debitului de aer intrat prin arzătoare.

După importanţa intrărilor şi după dimensionarea instalaţiilor de tiraj distingem două cazuri :

A. Intrările mărite nu sînt importante şi pot fi acoperite din rezerva de presiune şi de debit a instalaţiei de tiraj. In acest caz, consecinţele sînt relativ limitate :

a) Creşterea pierderilor la coş prin mărirea cantităţii de gaze calde evacuate.

b) Creşterea consumului de energie la ventilatoare.

c) Uşoară perturbaţie funcţională a cazanului.

B. Intrările mărite sînt însemnate sau nu pot fi acoperite din rezerva instalaţiei de tiraj. In acest caz consecinţele sînt variate şi multiple :

a) Creşterea însemnată a pierderilor la coş. Cu titlul de orientare arătăm că pentru majoritatea combustibililor se poate aprecia creşterea pierderilor la coş cu 1% pentru fiecare 1% de scădere a procentului CO_2 rezultat din creşterea aerului fals. Scăderi de ordinul 5% fiind frecvente, rezultă o creştere de acelaşi ordin a consumului de combustibil.

b) Creşterea consumului de energie al ventilatoarelor. Intrările false de aer mărind nu numai debitul de gaze ci şi rezistenţa de scurgere, consumul de energie poate să crească pînă la 100% peste cel normal.

c) Reducerea capacităţii de producţie a cazanului proporţională cu reducerea debitului de aer care intră prin arzătoare, din cauza imposibilităţii arderii în bune condiţii a debitului nominal de combustibil. Dacă însă conducerea centralei respective, nu consimte la această reducere şi doreşte cu orice chip să menţină producţia nominală — şi aceasta este situaţia în practică — atunci apar alte inconveniente care pot să ducă la grave perturbaţii de funcţionare rezultate din :

d) Arderea cu insuficienţă de aer ale cărui neajunsuri sînt :

α. Creşterea procentului de combustibil nears fie sub formă de cărbune în zgură. fie sub formă de CO şi H_2, contribuind astfel la scăderea randamentului.

β. Depuneri de zgură pe ţevile fierbătoare şi cele ale ecranelor care la rîndul lor provoacă :

— scăderea producţiei de abur obţinut prin radiaţie în camera de combustie şi prin convecţie la ţevile fierbătoare acoperite.

— creşterea temperaturii gazelor la ieşirea din camera de ardere şi deci şi la intrarea în supraîncălzitor.

Aceste două efecte duc mai departe la creşterea exagerată a temperaturii de supraîncălzire şi la solicitarea periculoasă a supraîncălzitorului, explicaţia comună fiind răcirea ţevilor prin abur redusă şi încălzirea ţevilor prin gaze calde mărită atît din cauza temperaturii mărite, cît şi a debitului majorat şi deci a coeficientului de trecere a căldurii.

— Solicitări disimetrice ale ecranelor care duc la perturbaţia circulaţiei de apă şi chiar la explozii de ţevi.

— Reducerea tirajului şi deci agravarea insuficienţei de aer în cazul cînd depunerile de zgură au loc pe primele ţevi din fascicolul de convecţie : dacă nu există posibilitatea de curăţire în mers atunci acest fenomen duce la oprirea cazanului din cauza strangulării sau chiar obstruării canalelor de scurgere a gazelor.

γ. Depuneri de funingine pe ţevile fierbătoare şi în special pe ţevile supraîncălzitorului şi economizorului în cazul arderii de păcură, gaze sau cărbune cu procent mare de substanţe volatile.

Şi aceste depuneri au ca consecinţe :

— reducerea coeficientului de trecere a căldurii în zona respectivă :

— pericol de aprindere în zona supraîncălzitorului :

— strangularea pronunţată a scurgerii gazelor prin zona respectivă, ceea ce duce invitabil la agravarea fenomenului de ardere cu insuficienţe de aer, şi chiar la reducerea producţiei mergînd pînă la totala scoatere din funcţie a agregatului.

e) Abaterea de la regimul de funcţionare normală pentru care agregatul a fost calculat.

Pătrunderile de aer fals coboară temperatura gazelor în zona de intrare şi măresc debitul de gaze arse după zona de intrare, ceea ce provoacă micşorarea cantităţii de căldură cedată în zona respectivă şi creşterea conţinutului de căldură a gazelor la ieşirea din zona şi deci mai departe creşterea căldurii cedată suprafeţelor de încălzire posterioare.

Cu cît locul de pătrundere este mai apropiat de camera de combustie cu atît influenţa pătrunderile de aer fals asupra funcţionării cazanelor este mai mare. Deosebit de gravă este această influenţă cînd aerul fals pătrunde direct în camera de combustie, fie prin diferitele neetanşeităţi, fie prin însuşi sistemul de introducere a combustibilului (aer primar pentru cărbunele pulverizat).

Explicaţia influenţei mărite a intrărilor directe în focar este următoarea : transmiterea căldurii în focar făcîndu-se prin radiaţie şi deci proporţional cu puterea a patra a temperaturii de combustie, însemnează că scăderea temperaturii provocată de pătrunderile de aer fafs, antrenează o scădere importantă a producţiei de abur şi o creştere echivalentă a conţinutului de căldură a gazelor la ieşirea din camera de combustie, care duce inevitabil la creşterea temperaturii de supraîncălzire aşa cum s-a arătat mai sus.

Dacă pătrunderea de aer direct în camera de combustie conduce nu numai la scăderea temperaturii de combustie ci şi la lungirea flacării, atunci poate să aibă loc şi creşterea temperaturii la ieşirea din cameră şi deci consecinţele mai sus arătate sînt mult agravate.

După locul de pătrundere al aerului, fenomenul poate să ia un aspect mai complicat şi mai grav şi anume : în acelaşi timp să existe şi insuficienţă de aer şi deci depuneri de zgură şi exces de aer, amîndouă conducînd la acelaşi efect : creşterea solicitării supraîncălzitorului pînă la limite nepermise.

f) Solicitare exagerată a preîncălzitorului de aer. O urmare destul de gravă poate să aibă şi pătrunderea de aer fals asupra preîncălzitorului de aer şi aceasta din patru motive :

— Debitul de aer prin preîncălzitor este micşorat şi deci încălzirea aerului va fi mărită.

— Viteza de circulaţie a aerului redusă şi deci efectul de răcire mai redus.

— Temperatura gazelor arse crescută.

— Viteza gazelor mărită şi deci efectul de încălzire ridicat.

Toate acestea pot să conducă la o încălzire periculoasă a preîncălzitorului.

Deosebit de acest aspect, pătrunderile de aer în interiorul preîncălzitorului de aer de la spaţiul de aer la cel de gaze (care pot fi importante pentru că diferenţa de presiune este maximă), mai au şi neajunsurile următoare :

— reduc producţia cazanului,

— măresc consumul de energie al ambelor ventilatoare de aer şi de gaze.

Dacă ţinem seama că consumul de energie al celor două ventilatoare reprezintă la centralele mari un procent însemnat din consumul propriu de energie, este uşor de înţeles că şi din acest punct de vedere este necesar să se reducă la minimum pătrunderea de aer fals.

In concluzie consecinţele pătrunderilor de aer fals sînt :

A. In cazul cînd instalaţia de tiraj este supradimensionată :

a) Creşterea pierderilor de căldură la coş.

b) Creşterea consumului propriu de energie.

c) Uşoară pertubaţie a regimului de funcţionare

.B. In cazul cînd instalaţia de tiraj nu este supradimensionată la neajunsurile de mai sus agravate, se mai adugă şi :

a) Scăderea capacităţii de producţie sau.

b) Arderea cu insuficienţă de aer avînd ca urmări :

α. Creşterea procentului de „nearse".

β. Depuneri de zgură care pot să antreneze :

— scăderea producţiei prin radiaţie :

— creşterea temperaturii gazelor la ieşire :

— creşterea supraîncălzirii şi solicitare exagerată a supraîncălzitorului :

— reducerea tirajului cu consecinţele sale.

γ. Depuneri de funingine care pot să antreneze :

— scăderea producţiei :

— pericol de aprindere la supraîncălzitor :

— reducerea tirajului cu consecinţele sale.

c) Abatere de la regimul de funcţionare calculat.

d) Solicitarea exagerată a preîncălzitorului de aer.

C. Creşterea consumului specific de combustibil :

a) Micşorarea cu 1% a procentului de CO_2 provocat de intrările false antrenează o creştere de circa 1% a consumului specific de combustibil.

b) Creşterea cu 10°C a temperaturii gazelor la ieşire provoacă o creştere de 0,7% a consumului specific de combustibil.

IV. Combaterea pătrunderii de aer fals. Lupta contra pătrunderii de aer fals comportă din partea personalului de exploatare şi de întreţinere un efort susţinut continuu şi foarte conştiincios. Aşa cum s-a arătat şi mai înainte neetanşeităţile circuitului de gaze, rămase de la montaj sau produse ulterior printr-o exploatare neîngrijită sînt foarte variate şi foarte numeroase.

Complicaţia şi greutatea luptei rezidă mai ales în descoperirea multelor şi variatelor neetanşeităţi, răspîndite pe suprafeţe foarte întinse sau situate în locuri ascunse sau greu accesibile.

Din această cauză valoarea limită admisă de prescripţiile de exploatare tehnică pentru excesul de aer de $n = 1{,}55 - 1{,}65$, pentru arderea cărbunelui, măsurat la coş, este foarte greu de respectat.

Intre încercările de exploatare prevăzute de prescripţiile de exploatare tehnică, de executat înainte şi după fiecare reparaţie capitală, trebuie să fie neaparat cuprinsă şi încercarea pentru descoperirea neetaşeităţilor şi aceea a verificării îndepărtării lor.

In stare oprită a cazanului, descoperirea cea mai comodă şi cea mai rapidă a neetanşeităţilor se face în modul următor : se etanşează cît mai îngrijit toate uşile, vizorii, clapele ventilatorului de gaze arse şi apoi cu ajutorul ventilatorului de aer se face în interiorul cazanului o presiune de ordinul 15—20 mm CA. Pentru ca observarea tuturor neetanşeităţilor să fie cît mai sigură şi

mai uşoară se recomandă ca la aspiraţia ventilatorului de aer să se aşeze praf de cretă sau un produs fumigen.

Neetanşeităţile la preîncălzitorul de aer se descoperă uşor pornind ventilatorul de aer şi examinînd direct extremităţile ţevilor şi rosturile de dilatare.

Dacă cazanul respectiv nu este prevăzut cu ventilator de aer, încercarea se poate face cu un ventilator separat avînd o presiune de circa 15 mm CA şi un debit de ordinul 20% din debitul de aer necesar, al cazanului, racordat într-un fel oarecare la camera de ardere.

Dacă totuşi întreprinderea nu dispune nici de un astfel de ventilator separat, neetanşeităţile trebuie să fie descoperite în stare de funcţionare a cazanului prin efectuarea unui număr mare de analize ale gazelor arse : cu un aparat portativ Orsat se stabileşte procentul de CO_2 de-a lungul drumului de gaze şi în special în jurul punctelor bănuite.

După stabilirea aproximativă a zonelor de intrare, se fac mai multe analize în secţiuni transversale pentru determinarea mai exactă a punctelor de intrare. Din compararea rezultatelor se poate deduce cu suficientă precizie poziţia neetanşeităţilor. Incercarea comportă o muncă susţinută şi multă conştiinciozitate, dar este larg compensată prin efectele obţinute după remediere.

Concluzii generale. Pătrunderea de aer fals în cazanele de abur avînd consecinţe foarte grave asupra consumului de combustibil, asupra producţiei maxime şi asupra siguranţei de funcţionare, trebuie luate neîntîrziat următoarele măsuri de îndreptare :

— Prin una din metodele arătate mai sus sau pe orice altă cale şeful secţiei cazane împreună cu personalul de întreţinere trebuie să identifice posibilităţile de pătrundere de aer fals. Sarcina este migăloasă şi reclamă muncă susţinută şi bine ordonată, ea totuşi trebuie să fie executată la fiecare reparaţie capitală sau la orice revizie mai importantă.

— După identificare, personalul de întreţinere trebuie să execute foarte îngrijit toate lucrările de etanşare.

— Conducerea tehnică trebuie să instruiască personalul de exploatare asupra consecinţelor de tot felul pe care poate să le aibă intrările false şi să impună respectarea strictă a dispoziţiilor de închidere a diferitelor clape, uşi, vizori, reglarea focului etc. Chiar dacă nu este introdus un sistem premial pe schimburi, se va atrage atenţia că combaterea continuă a intrărilor false înrîureşte asupra consumului de combustibil specific şi deci asupra primelor lunare.

— Prin analize periodice ale gazelor arse, combinate eventual cu măsurări de temperaturi, responsabilul cu mersul economic trebuie să caute a descoperi la timp apariţia de fisuri sau alte deschideri rezultate din neglijenţa personalului de exploatare.

★

ПРОНИКНОВЕНИЕ ПРИСОСОВ В ПАРОВЫЕ КОТЛЫ

От редакции

Автор рассматривает один из вопросов эксплоатации котлов наших ТЭС, имеющии большое влияние на расход топлива и работу станций.

Указание таких вопросов и их обсуждение на страницах нашего журнала является особенно полезным.

Редакция приглашает энергетиков активно принять участие в их решении публикуя статьи и сообщении исходящии из практики.

В такого рода статьях или сообщениях могли бы обсуждатся вопросы: контроль сгорания различных горючих, эксплоатация конденсаторов паровых турбин и т. д.

METODE PRACTICE DE DETERMINARE A DIAGRAMELOR VECTORIALE

Ing. B. MARCU

Reprezintă prelucrarea experienței practice ce are în prezent o largă răspîndire în sistemele energetice ale Uniunii Sovietice. Însușirea materialului de față are importanță pentru ridicarea nivelului exploatării schemelor de protecție prin relee și de automatizări în sistemele noastre energetice.

I. Rolul diagramelor vectoriale. In cadrul verificării protecției prin relee și a schemelor de automatizare, unul din principalele mijloace de control al felului în care sînt legate înfășurările secundare ale transformatorilor de măsură și al modului în care sînt legate releele, îl constituie alcătuirea diagramelor vectoriale ale curenților și tensiunilor.

Alcătuirea diagramelor vectoriale permite:

a) să se determine, în cazul protecțiilor diferențiale vectorii curenților fiecărei grupe de transformatori de curent și pe baza unghiului de decalaj dintre aceștia să se verifice justețea schemei de montaj a transformatorilor — atît faza cît și polaritatea;

b) să se verifice dacă releele sînt conectate corect, în cazul protecțiilor pentru care este necesară o anumită combinație a fazei curenților și tensiunilor (ohmmetre, relee direcționale, relee de impedanță);

c) în cazul protecțiilor cu element direcțional să se verifice dacă a fost bine aleasă direcționarea (sensul) releului de putere prin compararea comportării reale a releului direcțional, cu cea care trebuia obținută prin combinația respectivă a curenților și tensiunii și prin conectarea corectă a releului.

II. Metoda de determinare a diagramelor vectoriale. Diagramele vectoriale se determină experimental cu ajutorul unui wattmetru monofazic. Această metodă se bazează pe faptul că pentru determinarea oricărui vector într-un plan este necesară și suficientă cunoașterea mărimii și direcției a două proiecții ale acestuia pe un sistem de coordonate situat în același plan.

Pentru construirea vectorului căutat este necesar să se deseneze proiecțiile acestuia pe axele sistemului de coordonate adoptat și din vîrfurile proiecțiilor să se ridice perpendiculare pe axe. Punctul de intersecție al perpendicularelor va fi capătul vectorului căutat, iar centrul sistemei de coordonate — începutul.

In practica exploatării protecției prin relee, se adoptă ca sistem de coordonate sistemul simetric trifazic al celor trei tensiuni fazice sau liniare, egale ca mărime, decalate între ele cu un unghiu de 120°. Se știe că proiecția unui vector pe o axă oarecare este egală cu produsul dintre valoarea absolută a vectorului și cosinusul unghiului dintre vector și direcția pozitivă a axei (fig. 1, *a*): Indicațiile wattmetrului monofazic P_w sînt proporționale produsului dintre curentul și tensiunea la bornele acestuia și cosinusul unghiului dintre ele (fig. 1 *b*)

$$P_w = i_w U_w \cos\varphi_w$$

Dacă se aduce la bornele wattmetrului o tensiune invariabilă ca mărime, indicațiile wattmetrului vor fi proporționale valorii proiecții vectorului curent pe această tensiune. Valoarea tensiunii în acest caz este un coeficient numeric de proporționalitate.

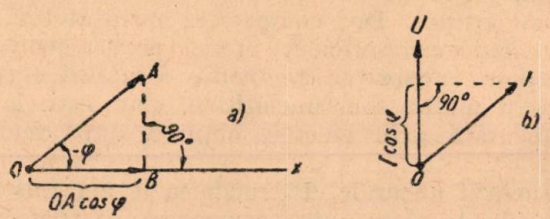


Fig. 1

a — Proiecția vectorului OA pe axul Ox egală cu OB=PA cos φ
b — Proiecția vectorului curent I pe vectorul tensiuni II egală cu I cos φ

Aducînd la bornele wattmetrului, pe rînd, toate tensiunile fazice adoptate ca axe de coordonate, indicațiile wattmetrului dau ca mărime și sens proiecțiile vectorului curent pe toate axele. Sensul proiecției se determină după semnul indicației wattmetrului; devierile acului wattmetrului spre dreapta se consideră pozitive, iar cele spre stînga, negative, cu condiția conectării corecte și într-un singur fel a wattmetrului.

In acest fel se determină ca mărime și sens toate proiecțiile vectorului, necesare construirii acestuia.

Pentru construirea vectorului „curent" este suficientă cunoașterea a două proiecții ale acestuia; totuși, trebuie determinate toate trei proiecțiile pentru a se putea verifica corectitudinea măsurătorilor. Se știe că suma algebrică a proiecțiilor unui vector pe trei axe de coordonate, decalate între ele cu 120°, este egală cu zero. Acest fapt se folosește pentru a controla exactitatea măsurătorilor făcute pentru determinarea diagramei vectoriale a curenților; conform celor de mai sus, suma algebrică a indicațiilor wattmetrului obținută prin aducerea la bornele acestuia pe rînd a celor trei tensiuni simetrice alese ca axe ale sistemului de coordonate trebuie să fie egală cu zero. Practic suma algebrică are o valoare foarte mică datorită erorilor măsurătorilor, oscilațiilor sarcinii și nesimetriei tensiunilor.

Toate diagramele vectoriale se determină adoptînd ca axe ale sistemului de coordonate curenții sau tensiunile simetrice. Pentru construirea diagramei vectoriale a curenților pot fi folosite tensiunile pe fază sau între faze; totuși, pentru o mai comodă comparație a diagramei obținute cu sensul efectiv al puterii în circuitul primar, se recomandă construirea diagramei folosind tensiunile pe fază.

Tensiunile pe fază sînt practic simetrice în rețelele cu neutrul pus la pămînt. In rețelele cu neutrul izolat și în rețelele compensate nesimetria tensiunilor pe fază se poate să fie atît de mare, încît să denatureze în mod nepermis rezultatele măsurătorilor.

Se admite determinarea diagramei vectoriale prin folosirea tensiunilor pe fază, dacă nesimetria acestora nu depășește ± 5% din valoarea medie.

Dacă gradul de nesimetrie este mai mare, diagrama se determină cu ajutorul tensiunilor între faze, iar pentru a efectua analiza diagramei se desenează apoi vectorii tensiunilor pe fază. Atunci cînd curenții de sarcină au valori reduse, este bine să se determine diagrama prin folosirea tensiunilor între faze pentru a spori indicațiile wattmetrului. În cazul în care diagrama se determină pentru verificarea elementelor direcționale sau a ohmmetrelor direcționate, trebuie să se aplice la bornele wattmetrului tensiunea dela transformatorul de tensiune, care alimentează releele ce se verifică. Pentru verificarea protecțiilor care nu conțin circuite de tensiune, spre exemplu protecțiile diferențiale, diagramele vectoriale pot fi determinate folosind tensiunile oricărei surse de tensiune trifazică simetrică, sincronă cu curenții ce se verifică.

Diagrama vectorială determină corect poziția reală a vectorilor curenților numai în cazul în care în circuitele de tensiune și curent sînt notate exact fazele. Pentru reprezentarea corectă a vectorilor tensiunii în diagrama vectorială, trebuie să fie cunoscută succesiunea acestora.

Succesiunea fazelor tensiunii se verifică în prealabil cu ajutorul indicatorului fazei. Exactitatea notării fazelor de același nume ale curentului și tensiunii se verifică în prealabil controlînd circuitul cu ajutorul unei căști de telefon și apoi pe baza diagramei vectoriale.

Semnul indicațiilor wattmetrului se schimbă în funcție de direcția relativă a curenților în bobinele acestuia. De aceea, pentru a determina sensul vectorului, wattmetrul trebuie conectat într-un anumit mod, ținînd seama de polaritatea bobinelor wattmetrului și a transformatorilor de măsură.

Fiecare wattmetru care este folosit pentru determinarea diagramelor vectoriale trebuie să aibă notate bornele polarizate ale bobinajelor de curent și tensiune. Capătul bobinei considerat ca „început", se notează cu o steluță (*) sau cu plus (+); capătul bobinei considerat drept „sfîrșit", nu are nici o notație. Notațiile se fac de către fabrică. Dacă polaritatea bobinelor nu este însemnată, aceasta trebuie determinată și se notează bornele polarizate. Bornele polarizate ale wattmetrului se determină cu ajutorul schemei din figura 2. Valorile curentului și tensiunii se aleg în conformitate cu limitele de măsurare ale wattmetrului. Prin inversarea legăturilor bobinei de curent sau de tensiune, se obține devierea acului wattmetrului spre dreapta, adică în partea pozitivă. Bornele legate între ele ale celor două bobine ale wattmetrului, conectate la o sursă de curent se consideră ca „începutul" bobinelor și se notează cu o steluță (*) sau cu plus (+).

Celelalte borne sînt „sfîrșiturile" bobinelor. Dacă wattmetrul are un comutator al circuitului de tensiune, atunci cu o steluță se notează poziția comutatorului pentru care wattmetrul legat conform schemei din figura 2, dă indicații

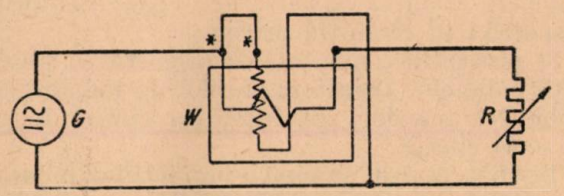


Fig. 2. Schema pentru verificarea polarității bornelor wattmetrului

pozitive. In cazul verificării wattmetrului electrodinamic pe baza schemei din figura 2, poate fi folosită alimentarea dela orice sursă de curent continuu sau alternativ.

De regulă, diagramele vectoriale se determină experimental prin măsurători în circuitele secundare ale transformatorilor de măsură și coincid cu diagrama ce s-ar obține efectuînd măsurătorile în circuitul primar, numai în cazul în care wattmetrul se conectează la transformatorii de măsură conform schemei indicate în figura 3 *b*. In această schemă, sensul curen-

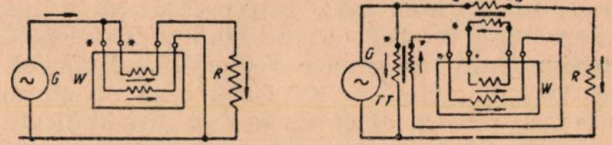


Fig. 3. Sensul curenților în bobinele wattmetrului
a — în circuitul primar și *b* — în circuitul secundar

ților în bobinele wattmetrului este același ca și în cazul conectării wattmetrului în circuitul primar conform schemei din figura 3 *a*. In ambele cazuri, semnul indicațiilor wattmetrului este identic cu semnul proiecției vectorului curent pe tensiune în circuitul primar. Pentru legarea corectă a wattmetrului este necesar:

a) să se determine bornele polarizate ale bobinelor — primară și secundară — ale transformatorilor de măsură;

b) să se lege cu bornele wattmetrului notate prin (+) sau (*) bornele bobinelor secundare ce au același indice cu bornele bobinelor primare, care

sînt legate la bare (în figura 3 la o sursă primară de curent).

Dacă se intervertesc locurile conductorilor ce leagă transformatorii de măsură cu una din bobinele wattmetrului, semnul indicațiilor acestuia va fi invers față de indicațiile wattmetrului legat conform schemei din figura 3 *a*. Pe baza diagramei obținute în acest mod se poate determina și sensul puterii în circuitul primar. Dacă în locul wattmetrului s-ar lega un releu direcțional conform schemei din figura 3 *b*, comportarea releului va fi aceeași ca și cum ar fi legat în circuitul primar. Dacă se va respecta polaritatea bobinelor atunci cînd se conectează wattmetrul sau releul, atunci :

1) semnul indicațiilor wattmetrului va coincide cu semnul proiecției curentului primar pe tensiunea primară ;

2) sensul vectorilor curentului și tensiunii în bobinele releului coincide cu sensul vectorilor respectivi în circuitul primar ;

3) protecțiile, montate cu respectarea polarității bobinelor transformatorilor de măsură și a bobinelor releelor vor funcționa corect în caz de scurt circuit.

Verificarea sub sarcină a protecțiilor montate în acest fel se reduce la controlul schemei și al funcționării releului (spre exemplu al releului direcțional și nu necesită efectuarea de schimbări în schemă.

In mod corespunzător se scurtează timpul necesar verificării protecțiilor sub sarcină.

Conectarea corectă corespunzătoare polarității bobinelor releelor și transformatorilor de măsură trebuie indicată în schemele de principiu și de montaj, ceea ce este în deosebi important pentru protecțiile diferențiale și direcționale.

Trebuie remarcat că într-o serie de scheme folosite în protecția prin relee, transformatorii de curent se conectează special astfel, încît să rotească cu 180° unul dintre vectorii curentului secundar în raport cu celălalt (spre exemplu : protecțiile diferențiale). Este necesar să se țină seama de acest fapt atunci cînd se determină experimental diagrama vectorială. Transformatorii de tensiune se conectează conform schemei γ/γ-12, dacă nu se dau alte indicații speciale. Devierea acului wattmetrului spre dreapta sau spre stînga depinde de sensul proiecției curentului sau tensiunii.

Determinînd experimental diagrama vectorială este necesar să se stabilească o regulă de apreciere a semnului indicațiilor wattmetrului (adică a proiecției curentului pe tensiune), astfel încît semnul indicației să corespundă poziției reale a vectorilor curentului și tensiunii circuitului primar.

In caz că se determină diagrama vectorială pentru verificarea unor protecții nedirecționale sau a unor protecții diferențiale de curent, este suficient să se determine din diagramă faza curentului, succesiunea fazelor și poziția acestora față de curenții celorlalte circuite.

In acest caz, cunoașterea unghiului de decalaj dintre curenți și tensiuni nu este obligatorie ; de aceea, semnul devierii acului wattmetrului (a proecției curentului pe tensiune) poate fi ales oricum pentru o combinație a curentului și tensiunii, păstrînd însă pentru toate celelalte măsurători aceeași convenție cu privire la aprecierea semnului devierii.

Atunci cînd se verifică schema de conexiune a releelor direcționale trebuie să se stabilească din diagrama vectorială obținută experimental, fazele curentului, succesiunea acestora, precum și poziția lor reală față de vectorii tensiunii. In acest caz, semnul înclinării acului wattmetrului nu se poate alege oricum. Dacă conectarea wattmetrului și transformatorilor de curent s-a făcut respectîndu-se regula polarității înfășurărilor, atunci înclinarea acului wattmetrului legat la curentul și tensiunea unei faze, spre dreapta va corespunde sensului puterii active în circuitul primar „dinspre bare" și o astfel de indicație a wattmetrului (adică proiecțiile curentului pe tensiune) se consideră cu semnul + și invers. Pentru a putea verifica dacă înfășurările au fost legate ținîndu-se seama de polaritatea acestora, semnul indicațiilor wattmetrului se determină pe baza sensului puterii în înfășurarea primară.

In acest scop este necesar :

a) să se stabilească sensul exact al puterii active și reactive ;

b) să se determine pe această bază în care anume cadran se află vectorul curentului (cel căutat) în raport cu tensiunea fazei sale (fig. 4) ;

c) atunci cînd se obține diagrama cu ajutorul tensiunilor pe fază se consideră ca pozitive (plus) indicațiile wattmetrului prin înclinarea acului spre dreapta, dacă vectorul curentului în raport cu tensiunea fazei sale se află în cadranul *I* sau *II*, sau negative (minus), dacă vectorul curentului se găsește în cadranul *III* sau *IV* ;

d) atunci cînd se obține diagrama cu ajutorul tensiunilor între faze se consideră ca pozitive (plus) indicațiile wattmetrului cînd acul se înclină spre dreapta și cînd la bornele aparatului se aduce oricare din tensiunile între faze. După obținerea datelor experimentale și construirea diagramei, pe aceasta se figurează tensiunile pe fază și se determină poziția reală a vectorului curent în diagramă pe baza sensului cunoscut al puterii active și reactive ;

e) să se noteze modul de conexiune (polaritate) al bornelor wattmetrului cu înfășurările transformatorilor de curent și bobinele releelor cînd se determină semnul înclinării acului wattmetrului conform punctelor „c" și „d" ; spre exemplu : „începutul înfășurării de curent este legat cu transformatorul de curent, iar „sfîrșitul" — cu bobina releului sau invers. In mod analog se notează conexiunea bobinei de tensiune a wattmetrului.

In determinarea cadranului în care se află vectorul curent trebuie să se țină seama de următoarele reguli :

a) se consideră ca sens pozitiv al puterii active și reactive (sau al curentului) sensul acestora dinspre barele centralei sau stației spre linie ;

b) se consideră că pentru puterea activă (curentul) ce are o valoare pozitivă coincide cu direcția pozitivă a vectorului tensiunii pe fază, de același nume (indice) cu faza curentului;

c) se consideră că valoarea pozitivă a puterii

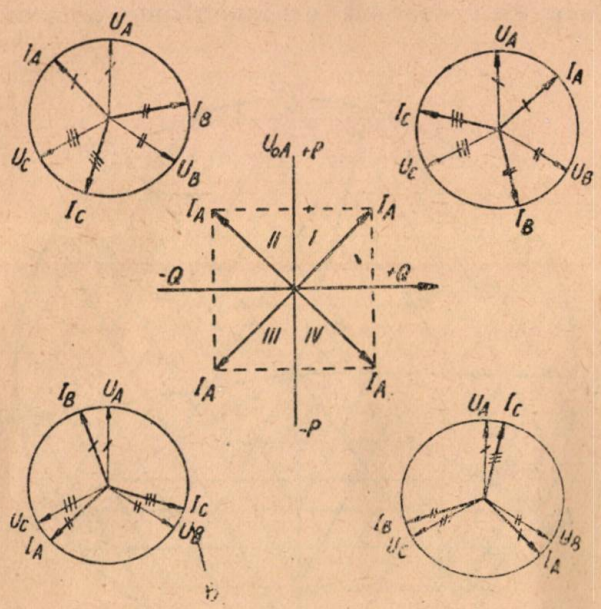


Fig. 4 Direcția vectorului curent în cazul sensurilor diferite a energiei active și reactive

reactive sau a componentei reactive a curentului rămîne cu 90° în urmă față de tensiunea pe fază, de același nume cu faza curentului.

Dacă punem pe axa verticală a sistemului de coordonate P și Q tensiunea pe fază a fazei A și sensul pozitiv al puterii active P, atunci în raport cu direcțiile pozitive alese, vectorul curentului primar al fazei A poate ocupa în diagrama vectorială patru poziții indicate în figura 4 și în tabelă, în funcție de sensul puterii active și reactive.

Același lucru se poate spune și despre celelalte faze.

Direcția puterii active	Direcția puterii reactive	
	dinspre bare (+)	spre bare (—)
Dinspre bare (+)	Cadranul *I*	Cadranul *II*
Spre bare (—)	Cadranul *IV*	Cadranul *III*

Cea mai bună metodă de determinare a direcției puterii în circuitul primar — metodă recomandabilă în toate cazurile — este separarea legăturii ce se verifică și trecerea acesteia la o alimentare radială, de la un capăt. In acest caz, puterea activă are întotdeauna sensul dinspre sursa de alimentare spre sarcină.

Dacă la consumator nu există surse de putere reactivă (motori sincroni, compensatori, baterii de condensatori), atunci puterea reactivă are sensul spre sarcină; dacă există surse de putere reactivă, sensul puterii reactive poate fi oricare. Trebuie remarcat în special cazul alimentării unei sarcini reduse printr-o linie lungă la 110 sau 220 kV sau printr-un cablu la 110 kV; în acest caz, linia sau cablul pot fi surse de putere reactivă, îndreptată din spre sarcină spre sursă.

Se permite determinarea sensului și valorii puterii pe baza indicațiilor wattmetrilor montați pe panouri, exactitatea indicațiilor cărora este verificată de PRAM, sau după balanța puterilor și după schema de alimentare a obiectului respectiv (spre exemplu, la începutul unei linii de tranzit puterea activă este de obicei îndreptată dinspre stația de alimentare spre rețea ș. a. m. d.).

Este categoric interzisă determinarea puterii după indicațiile ampermetrelor liniilor de tranzit, deoarece curenții în linii se pot compune sub diferite unghiuri necunoscute pentru fiecare linie. In toate cazurile, pe formularul diagramei vectoriale trebuie să fie notat sensul puterii și metoda cu care a fost determinat.

După ce a fost determinat cu mijloacele indicate cadranul în care se află vectorul curentului primar, se află semnul proiecției curentului pe tensiunile primare, care au fost folosite ca axe de coordonate la scoaterea experimentală a diagramei vectoriale.

Același semn trebuie să-l aibă și indicațiile wattmetrelor, legate la aceiași curenți și tensiuni în circuitele secundare ale transformatorilor de măsură.

După ce s-a stabilit la prima citire semnul indicațiilor wattmetrului și s-a adoptat o anumită conexiune (după polaritate) a înfășurărilor lui, trebuie să se asigure respectarea strictă a conexiunii adoptate și a aprecierii semnului indicațiilor la toate citirile ce urmează a fi făcute.

Deoarece semnul indicațiilor wattmetrului depinde de modul în care se aplică curentul și tensiunea la bornele wattmetrului (fig. 5), este

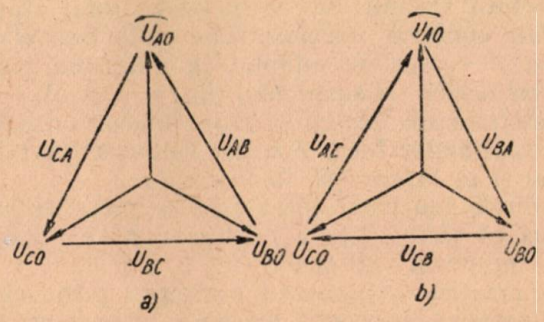


Fig. 5 Vectorii tensiune pentru determinarea diagramelor vectoriale.

evident că pentru a obține diagrama vectorială pe faze diferite trebuie să se aplice în mod asemănător la bornele wattmetrului curenții și tensiunile diferitelor faze și anume: aceeași bornă a wattmetrului trebuie legată la bornele de același indice ale înfășurărilor secundare ale transformatorilor de măsură de pe diferite faze.

In circuitele de curent trebuie considerat pe faze diferite ca avînd același indice toți conductorii, conectați la transformatorii de curent și toți conductorii conectați la aparate (relee, etc.)

sau la punctul neutru al stelei formate de transformatorii de curent.

Cînd se dau la aparate tensiuni între faze, este necesar să se determine corect capetele de acelaşi indice ale diferitelor tensiuni între faze. Aceasta se poate face fără greş numai cunoscînd succesiunea fazelor tensiunii. Fiecare tensiune între faze este diferenţa unor tensiuni pe fază, dintre care una o depăşeşte pe cealaltă.

Se consideră că au acelaşi indice toate tensiunile pe fază, componente ale tensiunii între faze care depăşesc sau rămîn în urmă.

Cînd succesiunea fazelor este *a, b, c,* (faza *a* depăşeşte *b,* faza *c* depăşeşte *a*) se poate adopta unul din următoarele variante de aducere a tensiunilor la bornele wattmetrului pentru obţinerea experimentală a diagramelor vectoriale.

Bobina de tensiune a wattmetrului	Varianta I	Varianta II
Prima bornă +	*a b c*	*b c a*
Borna a doua	*b c a*	*a b c*

Se recomandă varianta I, deoarece dacă se conectează corect, transformatorii de măsură, semnul indicaţiilor wattmetrului va coincide cu semnul real al proiecţiei curentului primar pe tensiunea primară.

Pe baza indicaţiilor wattmetrului, trebuie construit (desenat) vectorul curent pe diagrama vectorială. In acest scop trebuie construiţi corect vectorii tensiune, adoptaţi ca axe ale diagramei.

In punctul *O* (punctul comun al celor trei vectori ai tensiunilor) care este şi originea coordonatelor, trebuie să se afle capetele vectorilor tensiune, adoptaţi ca axe, adică ale tensiunilor ce se aduc la bornele wattmetrului.

Vectorii trebuie să se succeadă unul după celălalt conform succesiunii lor reale. Sensul de rotire al vectorilor adoptat în diagramă este contrar acelor ceasornicului (fig. 5, *a* şi *b*).

Determinarea începutului şi sfîrşitului vectorilor tensiunilor între faze are caracter convenţional şi se lămureşte în figura 5.

Indicele tensiunii între faze se pune ţinînd seama că prima literă notează capătul, iar a doua începutul vectorului (fig. 5, *a* şi *b*).

In practica exploatării protecţiei prin relee se determină vectorul tensiunii între faze ca diferenţa dintre tensiunile fazei ce depăşeşte şi celei ce rămîne în urmă. Astfel vectorul

$$\overline{U}_{ab} = \overline{U}_a - \overline{U}_b$$

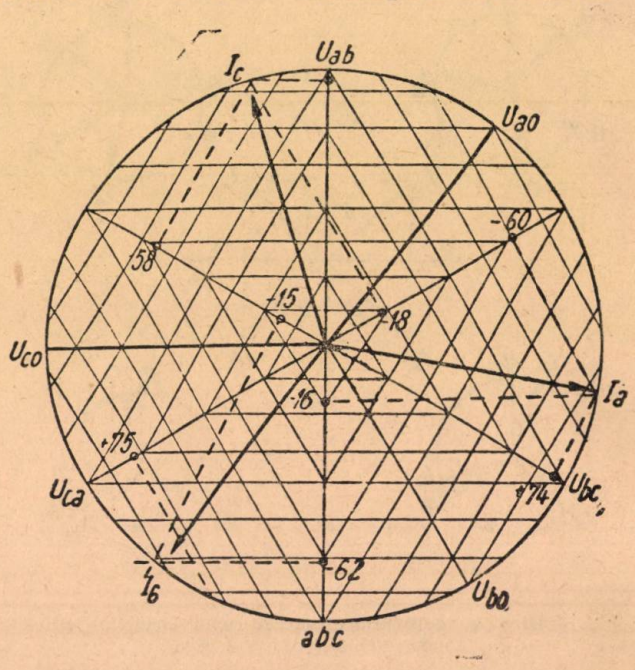
Prima literă din indicele vectorului notează faza ce depăşeşte, cea de a doua, faza ce rămîne în urmă.

Se consideră că vectorul este îndreptat dinspre faza ce rămîne în urmă spre cea ce depăşeşte.

In cazul succesiunii *a b c,* vectorii tensiunilor între faze se notează U_{ab} (capătul *a,* începutul *b*), U_{bc} şi U_{ca}. Vectorii tensiunilor între faze se reprezintă în diagramă conform figurii 6.

Pentru tensiunile pe fază în cazul succesiunii *a b c,* vectorii tensiunilor se reprezintă ca în figura 7.

Pentru scoaterea corectă a diagramei vectoriale este deosebit de importantă notarea



		a		b		c	Tensiunile			Curenţii		
							Lineare	Fazice		a	b	c
a-b	-16						a-b 100	a	58	2,4	2,3	2,42
b-c	+74			-15			b-c 100	b	59			
c-a	-60			+75		-18	c-a 100	c	57			
a-b				-58		+78	Uo					
b-c						-58	Transf de curent			300/5		
Uo							Transf de tens					

Fig. 6. Formular pentru construirea diagramei vectoriale folosind tensiunile între faze

exactă a datelor. De aceea este utilă folosirea formularului pentru notarea rezultatelor măsurătorilor şi desenarea diagramei (fig. 6 şi 7). Ceea ce caracterizează acest formular este ordinea notării rezultatelor măsurătorilor şi anume :

a) suma algebrică a indicaţiilor wattmetrului la bornele căruia se aplică un acelaşi curent şi pe rînd cele trei tensiuni ce au fost folosite ca axe de coordonate, trebuie să fie egală cu zero (coloanele verticale ale formularului);

b) succesiunea semnelor şi valorilor indicaţiilor wattmetrului, atunci cînd este conectat pe rînd la curenţii tuturor fazelor trebuie să fie identică (coloanele verticale ale formularului);

c) suma indicaţiilor wattmetrului, la bornele căruia se dau pe rînd cei trei curenţi şi aceeaşi tensiune, trebuie să fie egală cu zero (liniile orizontale ale formularelor);

d) succesiunea semnelor şi valorilor indicaţiilor wattmetrului la bornele căruia se dă o aceeaşi tensiune şi pe rînd la toţi curenţii, trebuie

să fie identică (liniile orizontale ale formularelor).

III. **Succesiunea operațiunilor pentru obținerea experimentală a diagramelor vectoriale a curenților pe fază.** In baza celor expuse mai sus se recomandă următoarea succesiune a operațiilor pentru obținerea experimentală a diagramelor vectoriale :

1. Să se pregătească aparatajul necesar : indicator de fază, ampermetru, voltmetru, wattmetru și conductori. Scările aparatelor se aleg după valorile probabile ale sarcinii și tensiunii.

Pe wattmetru trebuie să fie notate bornele de aceeași polaritate, pe indicatorul fazei trebuie să fie notate fazele și sensul de rotire al discului.

2. Să se asigure elementului ce se verifică o sarcină nu mai mică de 20—30% față de scara nominală a ampermetrului și wattmetrului.

3. Să se determine exact mărimea și sensul puterii active și reactive și să se asigure invariabilitatea acestora pe toată durata operațiilor de scoatere experimentală a diagramei. Să se noteze pe formular sensul puterii și metoda cu care a fost determinat.

4. Să se aleagă tensiunile ce se vor folosi pentru obținerea diagramei ; să se verifice succesiunea fazelor și simetria tensiunilor și să se facă însemnările pe formular. Să se treacă notațiile vectorilor tensiunii pe formularul diagramei (respectîndu-se indicațiile paragrafului 9).

5. Se alcătuiește schema pentru scoaterea experimentală a diagramei (fig. 8). „Începutul" înfășurării de curent a wattmetrului, clema (+) sau (*) se leagă la conductorul ce vine dela transformatorii de curent, „sfîrșitul" — la conductorul ce merge spre relee sau spre punctul neutru al stelei formate de înfășurările secundare ale transformatorilor de curent. Se măsoară curentul cu ampermetrul și se notează pe formular.

Se aplică la bornele wattmetrului pe rînd, cele trei tensiuni conform paragrafului 8. Indicațiile wattmetrului în diviziuni ale scării, cu semnul respectiv, se înseamnă pe formular.

6. Se verifică dacă suma indicațiilor wattmetrului este egală cu zero.

7. Se conectează pe rînd wattmetrul în faza a doua și a treia a curentului și se repetă măsurătorile, păstrînd sistemul adoptat de conexiune a bobinelor wattmetrului. Se verifică dacă suma proiecțiilor fiecărei faze a curentului pe cele trei tensiuni este egală cu zero.

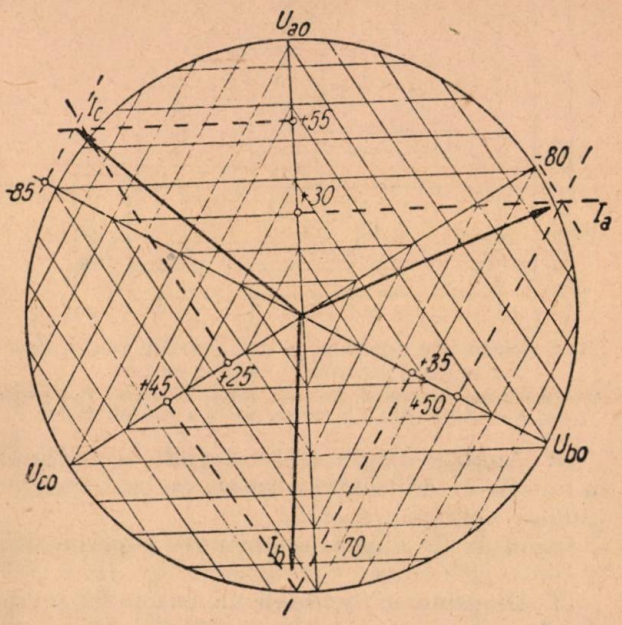
8. Se verifică identitatea succesiunii mărimii și semnului indicațiilor wattmetrului. Pentru toate trei fazele curentului, succesiunea trebuie să fie aceeași.

9. Se verifică dacă suma celor trei indicații ale wattmetrului, la bornele căruia se aduce o aceeași tensiune și curenții celor trei faze este egală cu zero.

10. Se construiește diagrama pe baza datelor obținute în ordinea următoare :

a) se alege o scară corespunzătoare, folosind în acest scop rețeaua imprimată pe formular ;

b) pe direcțiile tensiunilor ce au fost utilizate pentru scoaterea diagramei determinăm segmente egale ca mărime cu valorile indicațiilor wattmetrului, obținute prin aplicarea unui curent și a celor trei tensiuni la bornele acestuia. Indicațiile pozitive se determină pe direcția pozi-



		a	b	c	Tensiunile			Curentii		
					Lineare	Fazice		a	b	c
ao	+30				a-b 100	a	58	2,4	2,38	2,42
bo	+50		+35		b-c 100	b	59			
co	-80		+45	+25	c-a 100	c	57			
ao			-70	+55	U_o					
bo				-85	Transf. de curent			300/5		
U_o					Transf. de tens. 3500/100			Wattm. 2W		

Fig. 7. Formular pentru construirea diagramei vectoriale folosind tensiunile pe fază

tivă a vectorului tensiunii, iar cele negative pe direcția opusă ;

c) din punctele obținute se duc perpendiculare pînă ce se intersectează ; pentru aceasta se folosește rețeaua de pe formular, ale cărei laturi sînt perpendiculare pe direcțiile respective ale tensiunilor ; punctul de intersecție al acestor perpendiculare este sfîrșitul vectorului curent, iar începutul vectorului este centrul diagramei ; în mod analog se construiesc și ceilalți doi vectori ;

d) dacă tensiunile nu sînt simetrice, dacă au loc variații ale sarcinii, precum și în cazul în care citirile nu sînt precise, perpendicularele nu se întretaie într-un singur punct, ci formează un triunghiu ; în aceste cazuri se ia ca sfîrșit al vectorului curent centrul de greutate al triunghiului.

11. Din diagrama construită să se verifice dacă vectorii curent sînt simetrici și dacă succesiunea fazelor curentului coincide cu succesiunea fazelor tensiunii.

12. Știind mărimea și sensul puterii active și reactive, să se compare diagrama obținută

cu diagrama vectorială a circuitului primar (construită conform indicațiilor paragrafului 7) și să se verifice dacă acestea coincid.

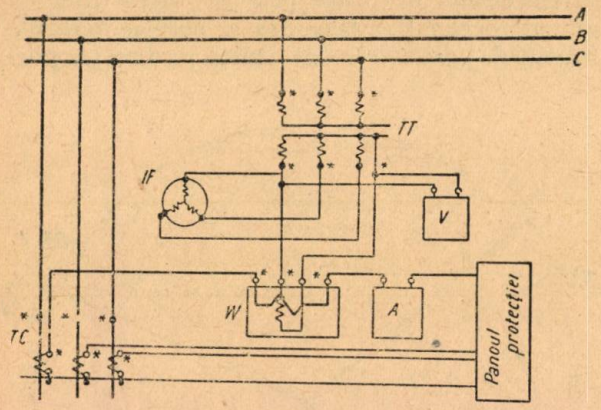


Fig. 8 Schema de conexiune a wattmetrului pentru determinarea diagramei curenților pe fază;
TT — transportor de tensiune; *TC* — transportor de curent; *V* — voltmetru; *A* — ampermetru; *W* — wattmetru; *TF* — indicator de fază.

13. Analiza diagramei vectoriale se continuă în funcție de destinația acesteia pe baza instrucțiunilor corespunzătoare.

Exemple de diagrame obținute experimental și construite corect sînt date în figurile 6 și 7.

IV. **Diagramele vectoriale ale curenților și tensiunilor de secvență homopolară.** Diagrama vectorială a curentului de secvență homopolară, curent ce se obține cu ajutorul filtrului compus din transformatori de curent, se obține experimental în mod analog cu diagrama curenților pe fază. „Inceputul" bobinei de curent a wattmetrului se conectează la firul neutru (al stelei în care sînt legați transformatorii de curent), iar „sfîrșitul" — la conductorul ce duce spre steaua transformatorilor de curent.

Diagrama vectorială a tensiunii homopolare poate fi obținută experimental prin cîteva metode, care folosite corect, dau rezultate identice.

Alegerea metodei ce urmează a fi folosită este funcție de condițiile locale.

Prima metodă constă în obținerea experimentală a diagramei vectoriale a tensiunii homopolare prin folosirea ca axe de coordonate a curenților pe fază, în raport cu care se construiește vectorul tensiunii homopolare. Fazele și succesiunea curenților trebuie să fie cunoscute exact. In acest scop se determină în prealabil diagrama curenților în sistemul de axe al tensiunilor pe fază sau liniare. Citirile pentru construirea diagramei vectoriale a curenților fazici și a tensiunii homopolare pot fi făcute simultan. Pentru aceasta, la bornele wattmetrului a cărui bobină de curent se conectează pe rînd în circuitul de curent al fiecărei faze, în afara tensiunilor fazice sau liniare se aplică tensiunea homopolară (fig. 9). In acest caz, indicațiile wattmetrului vor fi proporționale produsului dintre curentul pe fază, tensiunea homopolară și cosinusul unghiului dintre aceștia și prin urmare, sînt mărimi proporționale proiecției vectorului tensiunii hopolare pe curenții fazici, cari în cazul de față sînt axele sistemului de coordonate.

După ce s-a construit diagrama curenților pe fază în raport cu tensiunile fazice sau liniare conform indicațiilor paragr. 11, în sistemul de axe ce este constituit din vectorii curent, se determină pe aceștia segmente egale ca mărime cu valorile indicațiilor wattmetrului. Segmentele se determină cu respectarea semnului indicațiilor wattmetrului la bornele căruia se aplică curentul pe fază și tensiunea homopolară. Din punctele obținute se duc perpendiculare al căror punct de intersecție determină sfîrșitul vectorului tensiunii homopolare. Această metodă este comodă prin faptul că pe un singur formular pot fi construiți toți vectorii ce sînt necesari (fig. 10), iar măsurătorile necesită puțin timp.

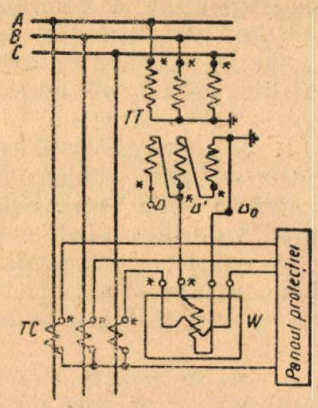
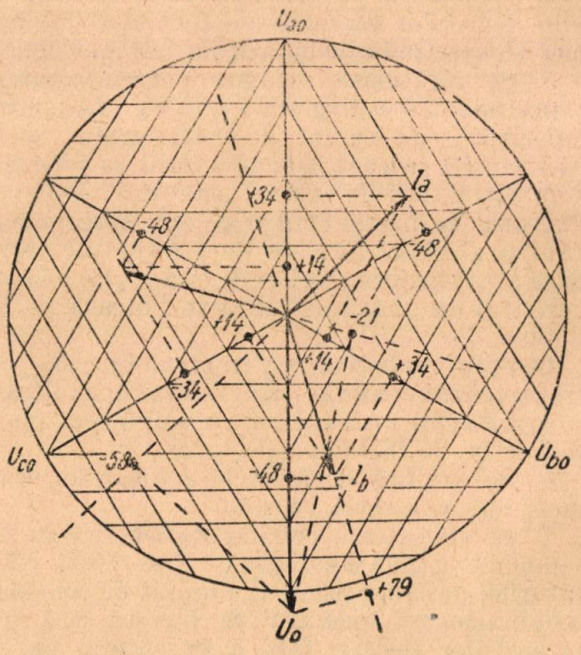


Fig. 9 Schema de conexiune a wattmetrului pentru determinarea diagramei vectoriale a tensiunii homopolare în sistemul curenților pe fază.



	a		b		c		Tensiunile				Curenții		
							Liniare		Fazice		a	b	c
a-0	+34						a-b	102	a	60	2	2	2
b-0	+14		+34				b-c	102	b	60			
c-0	-48		+14		+34		c-a	102	c	60			
a-0			-48		+14		U_o	102					
b-0					-48		Transf de curent				30075		
U_o	-58		+79		-21		Transf de tens. 110/61				1°Watt-25W		

Fig. 10 Formular pentru construirea diagramei vectoriale a tensiunii homopolare în sistemul curenților pe fază,

Metoda a doua constă în scoaterea experimentală a diagramei cu ajutorul unui voltmetru.

Pentru aceasta trebuie conectate într-un punct oarecare înfăşurările secundare ale transformatorului de tensiune ce au legăturile în stea şi în triunghiu deschis. De obicei, această legă-

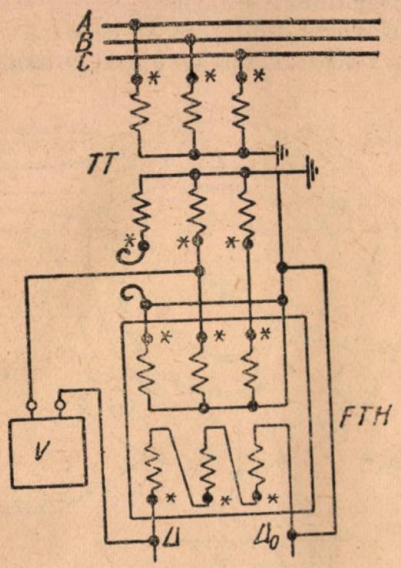


Fig. 11. Schema pentru determinarea diagramei vectoriale prin metoda voltmetrului alimentat de la filtrul de tensiune homopolară.

tură se realizează prin punerea la pămînt a celor două înfăşurări secundare. In cazul în care tensiunea homopolară se obţine cu ajutorul filtrului, este foarte comod să se lege „sfîrşitul" înfăşurărilor secundare ale filtrului ce sînt legate în triunghi deschis, cu punctul neutru al înfăşurărilor primare ale filtrului legate în stea.

Atunci cînd alimentarea se face de la filtru, voltmetrul se conectează cu o bornă la „începutul" înfăşurărilor secundare ale filtrului, se întrerupe circuitul de tensiune al unei faze din înfăşurarea primară a acestuia (fig. 11), iar înfăşurarea respectivă se scurtcircuitează.

Dacă alimentarea se face dela triunghiul deschis al transformatorului de tensiune, o bornă

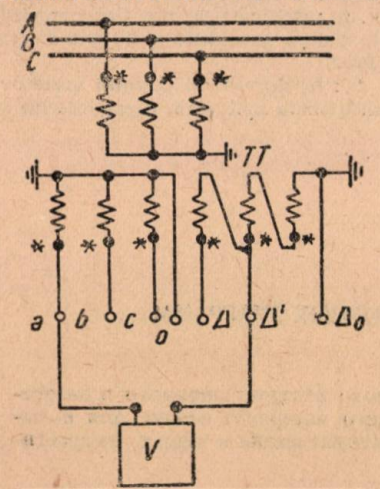


Fig. 12. Schema pentru determinarea diagramei vectoriale prin metoda voltmetrului alimentat de la înfăşurarea în triunghiul deschis a transformatorului de tensiune

a voltmetrului se conectează la un capăt suplimentar al unei laturi a triunghiului (fig. 12).

Borna a doua a voltmetrului se conectează pe rînd, în ambele cazuri, la fiecare din fazele şi neutrul înfăşurării în stea a transformatorului de tensiune (fig. 11 şi 12). Indicaţiile voltmetrului se notează. Se măsoară şi se construiesc la scară, pe formular, vectorii tensiunilor pe fază. Din vîrfurile celor trei vectori ai tensiunilor pe fază ca centru, se trasează pe formular arcuri cu raze egale, cu tensiunile măsurate între faza respectivă şi „începutul" înfăşurării tensiunii homopolare la aceeaşi scară. Punctul de intersecţie al celor trei arcuri este capătul vectorului tensiunii homopolare. Inceputul vectorului va fi punctul neutru al stelei tensiunilor pe fază, punct ce corespunde locului în care este legat de fapt neutrul înfăşurărilor conectate în stea ale transformatorului de tensiune cu „sfîrşitul" înfăşurării sursei de tensiune homopolară (fig. 13).

Metoda a treia de determinare a vectorului tensiunii homopolare este aplicabilă numai în cazul alimentării dela un transformator de tensiune de putere destul de mare, care are o

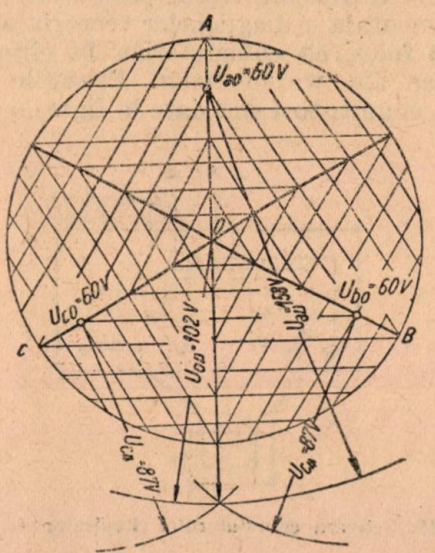


Fig. 13. Diagrama vectorială a tensiunii homopolare determinată prin metoda voltmetrului

înfăşurare legată în triunghi deschis. Conform acestei metode, înfăşurarea de curent a wattmetrului se conectează printr-un reostat cu o rezistenţă de cîteva zeci de ohmi la tensiunea homopolară.

„Inceputul" înfăşurării wattmetrului se conectează la conductorul ce vine dela „începutul uneia dintre înfăşurările secundare ale transformatorului de tensiune, legate în triunghi deschis. Curentul necesar se obţine cu ajutorul reostatului; mărimea acestuia se determină de puterea transformatorului de tensiune şi de scara wattmetrului. Aplicînd la bornele wattmetrului tensiuni pe fază sau între faze (fig. 14) se obţine experimental şi se construeşte diagrama vectorială după metodele obişnuite. Reactanţa înfăşurării secundare a transformatorului de tensiune este foarte mică în comparaţie cu rezistenţa reostatului, de aceea, se poate considera

că vectorul curentului ce străbate înfăşurarea de curent a wattmetrului este proporţional ca

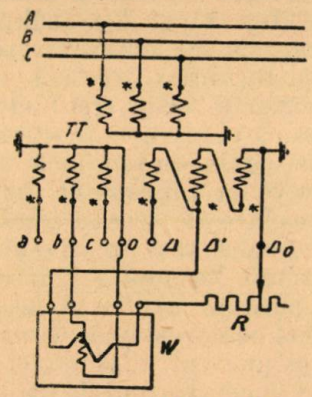


Fig. 14. Schema pentru determinarea diagramei vectoriale a tensiunii homopolare prin metoda reostatului

mărime şi coincide ca fază cu vectorul tensiunii homopolare (fig. 14).

Pentru a putea scurta durata lucrărilor şi pentru a micşora erorile posibile la scoaterea experimentală a diagramelor vectoriale, se recomandă folosirea comutatorilor în circuitele de tensiune ale wattmetrelor. Exemple de asemenea comutatori sînt date în figurile 15 şi 16.

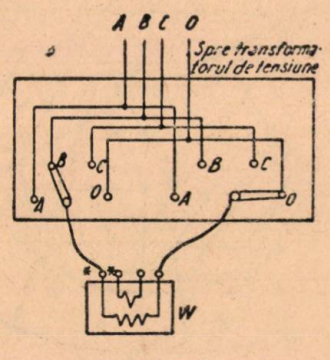


Fig. 15. Schema comutatorului circuitelor de tensiune

Comutatorul din figura 15 constă din doi comutatori montaţi pe o placă izolantă comună. Comutatorul are aceeaşi notaţie ca şi borna wattmetrului la care este conectat. Fiecare contact fix are notată tensiunea, la care este conectat. Schimbînd poziţia comutatorilor, poate fi aplicat la bornele înfăşurării de tensiune a wattmetrului oricare din cei 12 vectori posibili ai tensiunilor liniare şi fazice.

Comutatorul din figura 16 este ceva mai complicat ca realizare, dar este mai comod, deoarece

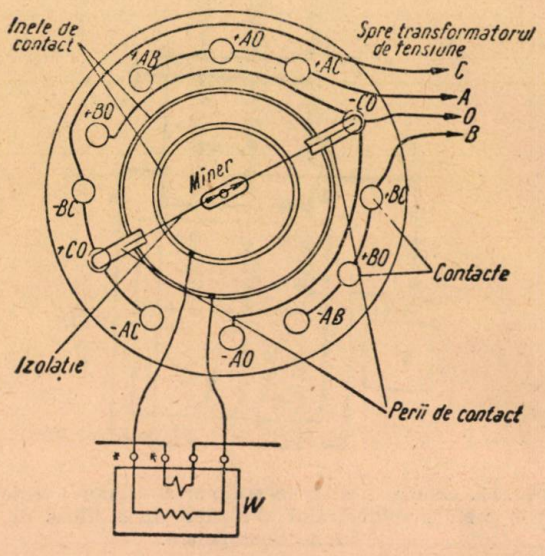


Fig. 16. Schema comutatorului circuitelor de tensiune pentru determinarea diagramei vectoriale

săgeata, fixată pe mîner, indică dintr-odată vectorul tensiune ce este aplicat la bornele wattmetrului şi semnul acestuia.

Se pot realiza numeroase tipuri de comutatori. Condiţiile ce se impun comutatorilor : construcţie trainică, excluderea posibilităţilor de scurtcircuitare, să fie bine marcate.

Bibliografie

Kostrov M. F., Soloviev I. I., Fedoseev A. M.: Osnovî tehniki releinoi zasciti. Gosenergoizdat, 1944.

Kazanschi V. E.: Releinaia zascita. Gosenergoizdat, 1950.

M. E. S.: Instrucţia po sneatiu vectornîh diagram. Gosenergoizdat, 1952.

Vasiliev A. A.: Ispolzovanie diagramm vectorov napreajenia pri exploataţionnîh ispîtaniah, Electriceschie stanţii, Nr. 9, 1951.

★

ПРАКТИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ СНЯТИЯ ВЕКТОРНЫХ ДИАГРАММ

Резюме

Представляет обработку практического опыта широко распространенного в энергетических системах Советского Союза. Освоение настоящего материала важно для повышения уровня эксплоатации схем релейной защиты и автоматизации в наших энергетических системах.

INFLUENŢA REDRESORILOR CU MERCUR ASUPRA REŢELELOR ELECTRICE

Ing. ANGHEL VASILESCU

Redresorii cu mercur pe lîngă deosebitele lor calităţi prezintă dezavantajul provocării în reţeaua care îi alimentează a unor armonice superioare supărătoare. Se arată că în cazul utilizării unor anumite conexiuni, aceste dezavantaje sînt complet înlăturate. Rezultatele teoretice se aplică redresorilor sovietici de tipul RMNV—500×6.

Consideraţii teoretice

Redresorii cu mercur, în special cei de mare putere, îşi găsesc utilizarea pe scară tot mai întinsă, din cauza calităţilor pe care aceste instalaţii le oferă în procesul de transformare al curentului alternativ în curent continuu.

Aceste calităţi sînt datorite faptului că procesul de redresare este săvîrşit de electroni şi ioni, elemente dotate cu inerţie extrem de redusă, putînd din această cauză să urmeze aproape instantaneu variaţiile curentului alternativ din reţeaua de frecvenţă industrială (50 Hz).

In ultima esenţă fenomenul de redresare la acest gen de dispozitive nu reprezintă altceva

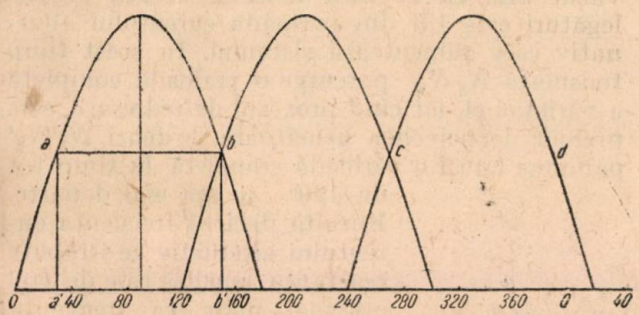


Fig. 1. Redresarea curentului trifazat.

decît efectuarea unei legături între o reţea de curent alternativ şi una de curent continuu, într-un anumit moment şi pentru o anumită durată.

Cu m curentul trifazat reprezintă un sistem în care tensiunile şi intensităţile primite de consumatori sînt decalate cu 120°, rezultă că sensul pozitiv al curentului va circula în orişice moment printr-una din cele trei faze, aşa cum se indică în fig. 1, iar redresarea se reduce la crearea unei legături între cele două reţele, astfel încît fiecare fază să restabilească pe rînd contactul între cele două reţele, iar fiecare din aceste legături să aibă durata reprezentată pe abscisă de lungimile $ab = bc = cd$.

Arcul electric care ia naştere în vaporii de mercur poartă legătura dintre cele două reţele de la o fază la următoarea, astfel că fiecare fază debitează, în cazul alimentării redresorului, prin intermediul unui transformator trifazic, timp de 1/3 din perioadă adică timp de 120°. Cu alte cuvinte nu întreaga semiperioadă a unei faze pozitive este folosită ci numai 2/3 din aceasta. Notînd cu A amplitudinea curentului alternativ valoarea momentană a acestuia va fi dată de expresia $A \sin \omega t$. Deci valoarea amplitudinii se obţine pentru $\omega t = \pi/2$, iar faza respectivă stabileşte legătura între cele două reţele începînd din momentul cînd $\omega t = 30$ şi o menţine pînă cînd $\omega t = 150$.

Rezultă de aici că nici curentul redresat nu are o valoare constantă şi oscilează de la valoarea corespunzătoare amplitudinii pînă la cea care corespunde la 1/2 din această valoare.

Analizînd matematic fenomenul şi notînd cu I intensitatea curentului continuu şi cu I_a valoarea efectivă a curentului alternativ se obţine :

$$I_a = \frac{I}{\sqrt{p}}. \qquad (1)$$

Din cauza pulsaţiei menţionate mai sus, se obţine pe partea de curent continuu ca valoare medie ceea ce rezultă din integrarea suprafeţei $a'a\ bb'$ adică :

$$E_c = \frac{\sqrt{2}\,E \sin \frac{\pi}{p}}{\frac{\pi}{p}} \qquad (2)$$

unde :

E_c este tensiunea continuă (valoare medie) ;

E — tensiunea alternativă (valoare efectivă).

Dacă se notează cu P puterea pe partea continuă şi cu P_2 puterea pentru care trebuie dimensionat secundarul transformatorului redresorului, se obţine din definiţia puterii şi din ecuaţiile (1) şi (2)

$$\frac{P_2}{P} = \frac{\frac{\pi}{p}\sqrt{\frac{p}{2}}}{\sin \frac{\pi}{p}}. \qquad (3)$$

Introducînd în expresia (3) pentru p valorile 2 (redresor monofazic), respectiv 3 ; 6 şi 12 (trifazat, hexafazat şi duodecafazat) se obţin valorile :

Tabela 1

Puterea transformatorului redresorului ca funcţie de numărul fazelor

$p = 2$	$\frac{P_2}{P} = 1{,}57$
„ = 3	„ = 1,48
„ = 6	„ = 1,81
„ = 12	„ = 2,44

Deci cu cît se măreşte numărul fazelor preluarea contactului între cele două reţele se face cu atît mai aproape de valorea amplitudinei, iar pulsaţiile îşi micşorează în mod corespunzător valorile, însă transformatorul care alimentează redresorul capătă dimensiuni neeconomice.

Din acest motiv toate schemele imaginate pentru obţinerea unor pulsaţii cît mai atenuate

prin mărirea numărului de faze nu mai au astăzi nici o importanţă practică, dacă se pot găsi şi alte mijloace prin care să se poată obţine o reducere a pulsaţiilor.

Din tabela 1 rezultă că transformatorul cel mai economic este impus de conexiunea trifazică a acestuia. Pulsaţiile de 50% constante pentru această conexiune conduc la dimensiuni

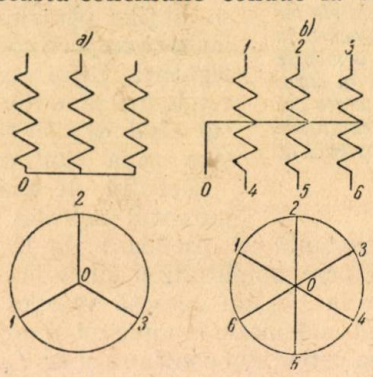


Fig. 2. Obţinerea sistemului hexafazat.

mari ale reactanţei, care, intercalată în circuitul de curent continuu şi anume la plecarea din catod, ar putea executa operaţia de netezire a curentului redresat. Trebuie deci găsită o soluţie ca prin mărirea fictivă a numărului fazelor, să se păstreze totuşi caracteristicele sistemului trifazic.

O analiză sumară a modului prin care se obţine un sistem hexafazat indică drumul care trebuie urmat.

Se ştie că un sistem hexafazat se obţine dintr-un sistem trifazat prin deplasarea neutrului de la capetele bobinelor celor trei faze la mijlocul lor, adică aşa cum se indică în fig. 2.

Se descompune acum sistemul

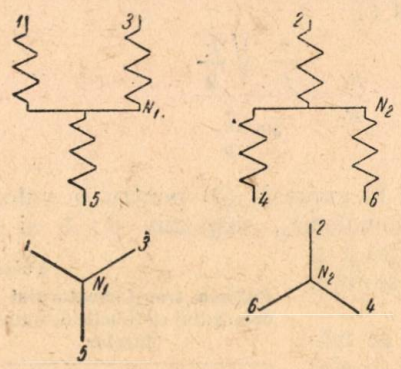


Fig. 3. Obţinerea sistemului dublu trifazat.

hexafazat în două sisteme trifazate aşa cum se arată în fig. 3.

Din aceste două sisteme trifazate se recapătă din nou sistemul hexafazat prin legarea în scurtcircuit a punctelor N_1 cu N_2 adică se obţine un sistem caracterizat prin atenuarea pulsaţiilor de la valoarea raportului de 0,5 la 0,866 (de la sin 30° la sin 60°).

Dacă în loc să legăm în scurtcircuit N_1 cu N_2 vom lega pe *1* cu *2*, *3* *4* şi *5* cu *6* atunci între N_1 şi N_2 va lua naştere o diferenţă de potenţial pentru a cărei echilibrare va trebui să se intercaleze între aceste puncte o reactanţă aşa cum se indică în fig. 4.

Este evident că prin legarea în scurtcircuit a fazelor *1* cu *2*, *3* cu *4* şi *5* cu *6*, tensiunile induse în fiecare din bobinajele sistemului, sînt decalate cu 60° fiecare faţă de faza cu care este legată în scurt. Legătura în scurt este executată, după cum reiese din fig. 4 de arcul electric ce se produce între anozii *3*, *4* şi catodă.

Transpunem acum în vectori conexiunea electrică reprezentată în fig. 4 şi obţinem diagrama vectorială a sistemului în fig. 5.

Se vede deci din această diagramă că dacă legătura între cele două reţele se face prin anozii *1* şi *2*, N_1N_2 reprezintă valoarea şi poziţia tensiunii de echilibru indusă în reactanţa anodică. Cînd legătura este preluată de anozii *3* şi *4* valoarea momentană a aceleaşi tensiuni este reprezentată de N_1' N_2' şi aşa mai departe. Am văzut însă că în mod teoretic durata acestei legături este 1/3 din perioada curentului alternativ care alimentează sistemul. In acest timp tensiunea N_1N_2 parcurge o perioadă completă a variaţiei ei, iar cînd procesul de redresare este preluat de perechea următoare de anozi, $N_1'N_2'$ parcurge iarăşi o perioadă completă în timp tot de 120° şi aşa mai departe. Rezultă deci că frecvenţa curentului alternativ ce străbate reactanţa anodică este de trei ori mai mare ca frecvenţa curentului care alimentează sistemul. Nu este greu de văzut că reactanţa anodică are în acest caz o funcţiune identică cu acea a divizorului de tensiune Dolivo-Dobrovolski folosit la creearea punţii

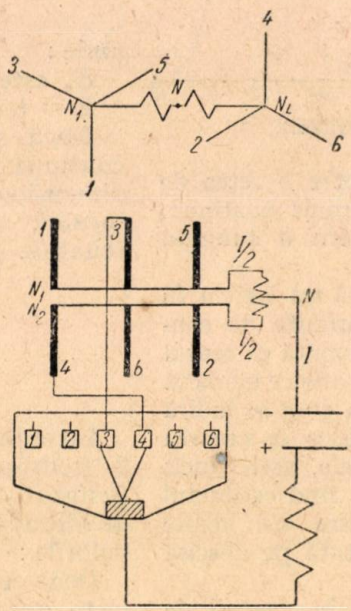


Fig. 4. Redresarea în sistemul dublu trifazat.

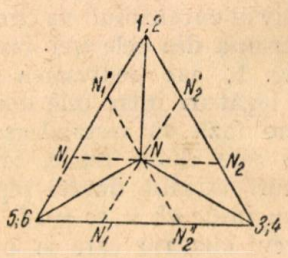


Fig. 5. Diagrama vectorială a sistemului dublu trifazat cu reactanţă anodică.

duble în reţelele de curent continuu. Amplitudinea tensiunii induse în reactanţa anodică este deci $N\ N_1$ respectiv $N\ N_2$ adică 1/2 din tensiunea $1\ N_1$ respectiv $1\ N_2$ a unei faze. Magnetizarea fierului bobinei se face sub frecvenţa de trei ori mai mare decît frecvenţa de

alimentare, iar intensitatea care circulă prin reactanţa anodică este $I/2$.

Puterea pentru care va fi dimensionată reactanţa anodică va fi

$$0{,}5\ E \times 0{,}5\ I = 0{,}25\ E\ I. \qquad (4)$$

Din ecuaţia (2) rezultă $E_c = 1{,}17\ E$ (pentru un sistem trifazat).

Introducînd această valoare a lui E în ecuaţia (4) se obţine puterea pentru care trebuie dimensionată reactanţa :

$$\frac{0{,}25\ E_c\ I}{1{,}17} = 0{,}213\ E_c I = 0{,}213\ P.$$

Lucrînd sub frecvenţă triplă dimensiunile bobinei vor fi de trei ori mai mici adică va fi dimensionată pentru o putere

$$\frac{0{,}213}{3}\ P = 0{,}071\ P.$$

Dacă se raportă acum puterea reactanţei la puterea transformatorului trifazat pe care am determinat-o în tabela de mai sus şi am găsit

$$P_2 = 1{,}48\ P$$

rezultă :

$$\frac{\text{Puterea de dimensionare a reactanţei}}{P_2} = \frac{0{,}071P}{1{,}48\ P} = 0{,}048.$$

Deci pentru a se obţine în curentul redresat aceeaşi pulsaţie ca în sistemul hexafazat există două posibilităţi :

Utilizarea sistemului hexafazat obţinut dintr-un sistem dublu trifazic prin scurtcircuitarea lui N_1 cu N_2 sau scurtcircuitarea fazelor decalate cu 60° şi intercalarea între N_1 şi N_2 a reactanţei anodice dimensionată aşa cum s-a arătat.

In cazul utilizării primei soluţii rezultă din tabela 1 de mai sus că transformatorul de alimentare al redresorului va trebui dimensionat cu 1,81 — 1,48 = 0,33 (33% mai mare) cu consum suplimentar corespunzător de material, pe cînd folosirea reactanţei anodice nu impune decît un consum suplimentar de material de numai 4,8%.

Mai rezultă de aici superioritatea covîrşitoare a sistemului reprezentat în fig. 4 faţă de sistemul hexafazat. Acest sistem poartă în practică denumirea de „dublutrifazat cu reactanţă anodică".

Din diagrama vectorială stabilită şi reprezentată în fig. 5 rezultă că acest sistem este şi simplu trifazat în triunghi cu tensiunea pe fază 1,5 E, şi cu punct neutru creiat artificial prin reactanţa anodică.

Fabricaţia redresorilor cu mercur a impus constructorilor de transformatori crearea a 44 scheme de conexiuni fiecare din ele cu scopul reducerii pulsaţiilor din curentul redresat. Conexiunea studiată mai sus reprezintă însă minimul de investiţii. Practica a confirmat această concluzie aşa că în momentul de faţă literatura de specialitate o menţionează ca fiind aceia cu tendinţa de a se generaliza.

Vom arăta în cele ce urmează pentru ce generalizarea nu s-a efectuat şi sub ce formă această generalizare va avea sorţi de izbîndă.

II. Aplicaţii asupra redresorului sovietic tip R.M.N.V.—500 × 6

Am analizat în cele expuse mai sus latura economică a problemei. Ceea ce a impus redresorul cu mercur faţă de maşinele rotative a fost în bună parte această caracteristică, însă modul de lucru al redresorului provoacă în reţelele electrice în care sînt racordaţi aceştia, unele fenomene supărătoare, fenomene care îşi au obîrşia în operaţia periodică de stabilire şi întrerupere a legăturii între reţeaua de curent continuu şi cea de curent alternativ. Intreruperea şi declanşarea pe care o execută arcul electric în recipientul redresorului de mai multe ori în timpul unei perioade, deformează curba de curent a reţelei, provocînd prin aceasta neajunsurile cunoscute în practică. Pentru a sezisa ordinul de mărime al acestor deformaţii vom analiza în acest scop redresorul de fabricaţie sovietică tip RMNV-500 × 6. Am ales acest tip deoarece tehnica sovietică îl foloseşte în foarte multe combinaţii, reuşind să rezolve cu un singur fabricat o diversitate de probleme. Redresorul este echipat cu 6 anozi în recipiente separate. O descriere amănunţită a acestui redresor se găseşte în Manualul Electricianului Industrial, vol II. Vom considera unitatea cea mai mare şi cea mai amplă fabricată de industria sovietică şi anume combinaţia de doi redresori de tipul menţionat mai sus legaţi în paralel, deci cu 12 anozi, sistem capabil să furnizeze 5 000 A la 750 V curent continuu. Reglajul tensiunii se execută atît automat cît şi manual prin grilă.

Cu tot numărul mare de anozi, transformatorul care îl alimentează este în conexiune trifazică cu reactanţă anodică, aşa cum am analizat mai sus. Vom considera instalaţia alimentată sub 6000 V, în care caz transformatorul are următoarele caracteristici :

Tip	TMR 5600/35	
Puterea	4 350 kVA	
Raportul de transformare	6 000 ± 5%/710	(pe fază în secundar)
Tensiunea de scurtcircuit	9,5%	
Pierderi în gol	18 000 W	
Pierderi în sarcină	56 000 W	

Conexiunea : Conexiunea general întrebuinţată la redresori este aceea de triunghi-stea, deoarece această conexiune produce armonicele superioare cele mai reduse. Nota caracteristică este însă faptul că tehnica sovietică recomandă, în cazul cînd sînt mai mulţi redresori în funcţiune, ca 1/2 din sarcină să fie furnizată de redresori alimentaţi de transformatorul cu conexiunea în triunghi-stea şi ½ din redresori ai căror transformatori funcţionează în conexiunea, în general neîntîlnită la redresori, stea-stea.

Prin această împerechere de conexiuni aparţinînd la două grupe de conexiuni, care dacă ar trebui să funcţioneze singure, fără redresori, nu ar merge în paralel, se obţine o situaţie mai bună din punct de vedere al armonicelor, decît dacă fiecare din aceste conexiuni ar funcţiona individual.

Pentru a putea arăta acest lucru va trebui să analizăm în parte conexiunea stea — stea, triunghi-stea şi ansamblul format de acestea două împreună.

Am menţionat mai sus că cei 12 anozi ai instalaţiei sînt racordaţi cîte 2 în paralel la cele 6 extremităţi ale secundarului transformatorului. Pentru ca anozii legaţi în paralel să fie încărcaţi egal, se intercalează între aceştia şi fazele secundarului transformatorului egalizatori de curent, care nu sînt altceva decît nişte bobine de reactanţă monofazice, bobinate astfel încît acţiunile magnetice ale fiecărei coloane să se anuleze cînd intensităţile anozilor legaţi în paralel sînt egale. Deci aceşti divizori anodici nu intervin în procesul de redresare cu inductivitatea lor, ci numai cu rezistenţa lor ohmică.

Divizorii anodici sovietici au următoarele caracteristici :

Tipul	OC—5/6
Intensitatea nominală	5 000 A
Pierderi în gol	11 000 W
Pierderi în sarcină	28 460 W

Pentru determinarea deformaţiilor provocate de redresor în reţeaua de alimentare, va trebui să analizăm calitativ şi cantitativ fenomenele care se produc în procesul de redresare, stabilind formulele necesare pentru cazul sistemului trifazic.

Se notează cu L inductivitatea transformatorului, înţelegînd prin aceasta inductivitatea bobinajului secundar precum şi aceea a bobinajului primar raportată la secundar, adică acea

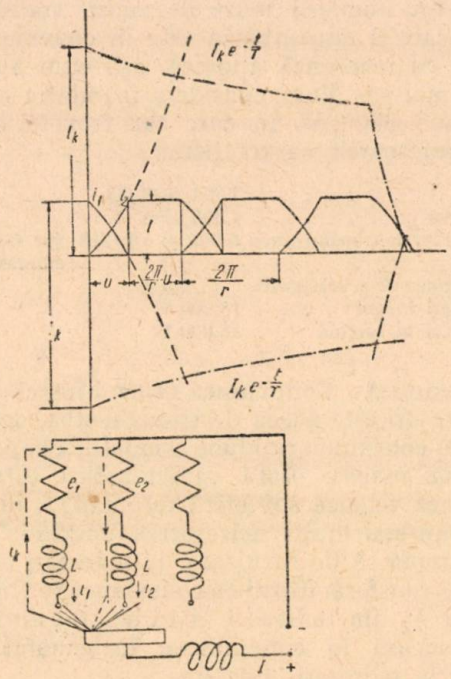


Fig. 6. Redresarea ca fenomen tranzitoriu.

constantă a transformatorului, care se determină din tensiunea de scurtcircuit. Din cauza acestei inductivităţi curenţii anodici nu pot fi stabiliţi şi întrerupţi în mod instantaneu, aşa că curenţii a doi anozi consecutivi se vor suprapune, adică anozii vecini vor conduce curentul scurt timp simultan, creind prin acesta o legătură electrică între fazele care vin la aceşti anozi, adică le vor scurtcircuita. Fenomenul este redat schematic în fig. 6.

Anodul *1* conduce curentul I pînă la întretăierea undei e_1 cu unda e_2 în punctul b (fig. 1). In acest punct, care va fi considerat în toate ecuaţiile ce urmează ca punct de plecare, va apare şi arcul electric al anodului *2*. Aplicîndu-se legea lui Kirchhoff asupra circuitului format din fazele *1* şi *2* (fig. 6) se obţine. :

$$e_1 - L\frac{di_1}{dt} + L\frac{di_2}{dt} e_2 = 0. \qquad (5)$$

(Deoarece căderea de tensiune în arcul electric, este egală în ambele arce anulîndu-se reciproc, nu apare în ecuaţia (5).)

In acest fenomen mai sînt valabile şi ecuaţiile :

$$i_1 + i_2 = I \qquad (6)$$

$$e_1 = \sqrt{2}\, E \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{p}\right) \qquad (7)$$

$$e_2 = \sqrt{2}\, E \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{p}\right). \qquad (8)$$

Introducînd valorile din ecuaţiile (6), (7) şi (8) în ecuaţia (5) şi efectuînd rezolvarea acesteia se obţine :

$$i_1 = I - \frac{\sqrt{2}\, E \sin\frac{\pi}{p}}{X}(1 - \cos\omega t) \qquad (9)$$

$$i_2 = I - i_1 = \frac{\sqrt{2}\, E \sin\frac{\pi}{p}}{X}(1 - \cos\omega t) \qquad (10)$$

unde : $X = L\omega$.

Introducînd în ecuaţiile (9) şi (10) în locul expresiei :

$$\frac{\sqrt{2}\, E \sin\frac{\pi}{p}}{X}$$

notaţia I_k şi desfăcînd parantezele se obţine :

$$i_1 = I - I_k + I_k \cos\omega t \qquad (9)$$

$$i_2 = I_k - I_k \cos\omega t. \qquad (10)$$

Aceşti curenţi constă din componente de curent continu şi dintr-o componentă de curent alternativ $i_k = I_k \cos\omega t$.

Procesul de redresare rezultînd din ansamblul fenomenelor tranzitorii care au loc cu ocazia legăturilor şi întreruperilor efectuate de arcul electric între cele două reţele, componentele alternative vor oscila în jurul axei $I_k e^{-\frac{t}{T}}$ unde $T = \frac{L}{R}$ (fig. 6).

Curentul alternativ i_k apare în urma scurtcircuitului dintre anozii *1* şi *2* şi este egal cu

diferența tensiunilor fazelor împărțită cu reactanța ambelor faze.

Diferența tensiunii fazelor care provoacă acest curent se obține din ecuațiile (7) și (8) și este:

$$e_k = e_2 - e_1 = 2\sqrt{2}\,E \sin\frac{\pi}{p} \sin \omega t. \qquad (11)$$

Notînd cu X reactanța unei faze, iar scurtcircuitului opunîndu-se cele două faze în serie, se obține:

$$i_k = -\frac{2E \sin\frac{\pi}{p}}{X} \cos \omega t \qquad (12)$$

(X fiind în metoda simbolică imaginar, împărțirea prin imaginare schimbă semnul și decalează cu 90°).

Curentul de scurtcircuit i_k circulă în circuitul închis constînd din fazele vecine care conduc curentul în mod simultan, după cum se arată în fig. 6 prin traseul punctat și nu apare pe partea de curent continuu.

Suprapunerea curenților se termină cînd i_1 capătă valoarea zero, deoarece acțiunea de ventil a redresorului împiedică formarea de curenți anodici negativi.

Se poate deci determina unghiul de suprapunere u făcîndu-se în ecuația (9') $i_1 = 0$, în care caz ωt se înlocuește cu u.

Din această condiție se obține:

$$i_1 = I - \frac{\sqrt{2}\,E \sin\frac{\pi}{p}}{X}(1 - \cos u)$$

din care rezultă:

$$\cos u = 1 - \frac{I X}{\sqrt{2}\,E \sin\frac{\pi}{p}}. \qquad (13)$$

Din ecuația (13) se obține:

$$\frac{\sqrt{2}\,E \sin\frac{\pi}{p}}{X} = \frac{I}{1 - \cos u}.$$

Introducînd această expresie în ecuațiile (9) și (10) și înlocuind pe ωt prin x se obține:

$$i_1 = I\left(1 - \frac{1 - \cos x}{1 - \cos u}\right) \qquad (14)$$

$$i_2 = I\frac{1 - \cos x}{1 - \cos u}. \qquad (15)$$

Cum rezultă din ecuațiile (14) și (15) precum și din fig. 6 curentul anodic constă din trei părți; o parte care apare în timpul unghiului de suprapunere u și este reprezentată prin ecuația (15), o a doua parte, care se extinde pe durata unghiului $\left(\frac{2\pi}{p} - u\right)$ și are formă dreptunghiulară cu amplitudinea I, iar partea a treia reprezentată prin ecuația (14) se întinde pe durata unghiului u.

Din ecuațiile (14) și (15) rezultă că în momentul inițial $x = 0$

$i_1 = 1$ și $i_2 = 0$ iar pentru $x = u$
$i_1 = 0$ și $i_2 = I$

Pentru determinarea punctelor necesare trasării curbelor i_1 și i_2, trebuie să se determine valoarea lui u pentru sarcina nominală. Din ecuația (13) rezultă că în acest scop trebuie calculată valoarea lui X și în legătură cu această valoare determinată și valoarea lui I. Această analiză deosebită este necesară deoarece transformatorul redresorului are în secundar două bobinaje, iar tensiunea de scurtcircuit este definită ca fiind acea tensiune care aplicată primarului cînd secundarul este scurtcircuitat, încarcă ambele bobinaje cu intensitatea nominală. Deoarece se obține intensitatea nominală fie că în secundar se scurtcircuitează unul sau ambele bobinaje, se va considera pentru simplificare scurtcircuitarea numai a unui singur bobinaj din secundar, așa că I va fi luat de 2 500 A.

Din definiția tensiunii de scurtcircuit rezultă:

$$S_T = \frac{E^2}{N_T} e_k 10^{-5}\ \Omega$$

unde $E = 6\,000$ V
$N_T = 4\,350$ kVA
$e_k = 9{,}5\ \%$

$$S_T = \frac{36\,10^6\,9{,}5\,10^{-5}}{4\,350} = 0{,}785\ \Omega.$$

Această valoare reprezintă reactanța transformatorului (primar și secundar raportată la primar). Considerînd raportul de transformare al transformatorului din conexiunea stea-stea egal cu:

$$\frac{6\,000}{1{,}73} : 710 = 4{,}85$$

se obține reactanța unei faze a transformatorului raportată la secundar

$$\frac{0{,}785}{4{,}85^2} = 0{,}0335.$$

Din pierderile în gol și în sarcină ale transformatorului și divizorului anodic se obțin rezistențele ohmice respective care scăzute vectorial din reactanță, dau ca inductanță a unei faze a transformatorului valoarea:

$$X = L\omega = 0{,}0323\ \Omega.$$

Introdusă această valoare în ecuația (13) se obține:

$$\cos u = 1 - \frac{2\,500\ 0{,}0323}{1{,}41\,710\ 0{,}866} = 1 - 0{,}0925 = 0{,}9075.$$

De unde:

$$u = 25°$$

Pentru trasarea curbelor i_1 şi i_2 cu ajutorul ecuaţiilor (14) şi (15) se alcătueşte tabela 2.

Tabela 2

Influenţa unghiului de suprapunere

$x =$	0	10	15	20	25°
$\cos x =$	1	0,985	0,966	0,94	0,906
$1 - \cos x =$	0	0,015	0,034	0,06	0,094
$\frac{1 - \cos x}{0,0925} =$	0	0,162	0,37	0,65	1,01
$1 - \frac{1 - \cos x}{0,0925} =$	1	0,838	0,63	0,35	0
$i_2 =$	0	400	925	1620	2500
$i_1 =$	2500	2100	1575	880	0

S-a trasat cu aceste valori intensitatea din bobinajul primar al transformatorului obţinîndu-se în fig. 7, *b* curentul primar al transformatorului în ambele conexiuni şi la raportul de transformare 1 : 1.

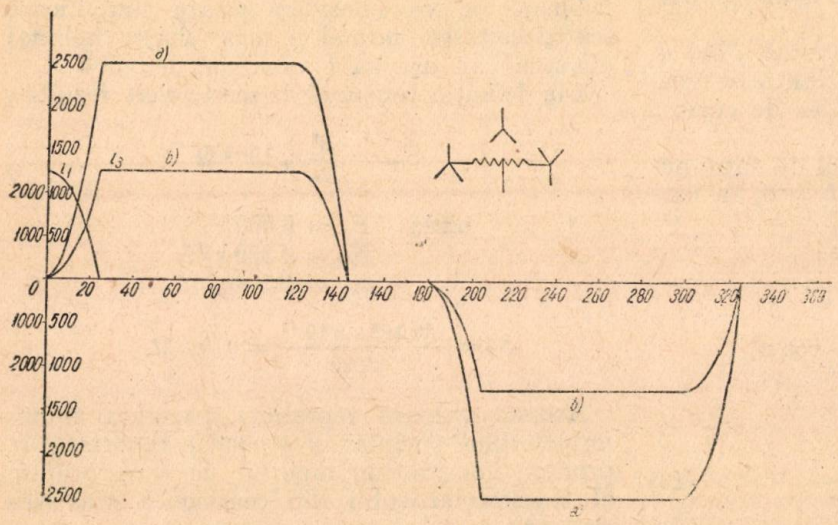


Fig. 7. Forma curbei curentului la redresare stea — dublă stea.

Curentul de linie al conexiunii stea — stea are forma identică acelei a curentului primar. Fig. 7, *b* reprezintă curentul de linie în conexiunea stea — stea şi la raportul de transformare 1 : 1 însă la scară dublă.

Pentru a obţine curentul real de linie va trebui să reducem ordonatele diagramei *a*) din fig. 7 în raportul 1 : 4,85. Fig. 8 redă această reprezentare cu ordonatele trasate din 15 în 15° pentru efectuarea analizei armonice după metoda Runge (C.A. Crug, „Bazele Electrotehnicei", vol. II, pag. 190 şi u.).

Dacă la transformatorul în conexiunea stea — stea forma curbei curentului din primar era identică cu aceia a liniei, la transformatorul în conexiunea triunghi — stea forma curbei curentului din linie se obţine din compunerea curbelor curentului din cele două faze ale primarului transformatorului, faze ce sînt, la conexiunea triunghi, decalate cu 60°. Pentru obţinerea curentului de linie în acest caz, va trebui să se deseneze curba din fig. 7,*b* încă odată decalată cu 60° şi să se facă apoi însumarea. Fig. 9 reprezintă această operaţie, curba din această figură fiind rezultatul însumării.

Fig. 9 reprezintă deci curentul de linie în cazul conexiunii triunghi — stea şi la raportul de transformare 1 : 1.

Pentru a avea curentul real de linie va trebui; şi în acest caz să se reducă ordonatele respective în raportul de transformare corespunzător. Pentru conexiunea triunghi — stea raportul de transformare este însă

$$6\,000 : 710 = 8,85.$$

Fig. 10 reprezintă această transpunere împreună cu ordonatele trasate pentru analiza armonică.

Dacă acum se trasează diagramele conexiunii stea — stea (fig. 8) şi a conexiunii triunghi — stea (fig. 10) pe aceiaşi hîrtie milimetrică şi se adună, se obţine diagrama curentului de linie produs de doi redresori unul în conexiunea stea — stea şi altul în conexiunea triunghi-stea. Fig. 11 reprezintă această operaţie.

Pentru efectuarea analizei armonice şi la această diagramă s-a trasat în fig. 12 rezultatul însumării din fig. 11, ordonatele necesare efectuării analizei armonice şi unda fundamentală rezultată din această analiză.

Comparînd acum între ele diagramele de la fig. 8, 10 şi 12, nu este greu de sezisat cît de apropiată de sinusoidă este diagrama perechei de doi redresori unul în conexiunea triunghi-stea şi altul în conexiunea stea — stea. Se vede clar că această ultimă conexiune produce o deformare care nu este diferită de aceea a unui generator sub sarcină şi în orice caz mai convenabilă decît aceia a unui generator cu sarcină puternic reactivă.

In cele două pagini următoare sînt redate în fig. 8, 9, 10, 11 şi 12 diagramele menţionate mai sus.

Pentru a face comparaţia şi mai sezisabilă, redăm în tabelele 3, 4 şi 5 rezultatul analizei armonice efectuată asupra acestor trei cazuri.

Vom nota în acest scop cu A_1; A_3; A_5; A_7; A_9 şi A_{11} amplitudinele de ordinul indicat de indicele respectiv şi vom da sub formă de tabelă valoarea raportului $A_i : A_i$ (i luînd valorile 1, 3, 5, 7, 9 şi 11).

Avîndu-se în vedere că conexiunea *c*) se referă la doi redresori de putere egală funcţionînd împreună, pentru a reda mai sezisabilă comparaţia, redăm în tabela 4 valoarea rapoartelor $A_i : A_1$, obţinînd astfel valoarea procentuală a rezultatelor. ($i = 3$; 5; 7; 9; 11).

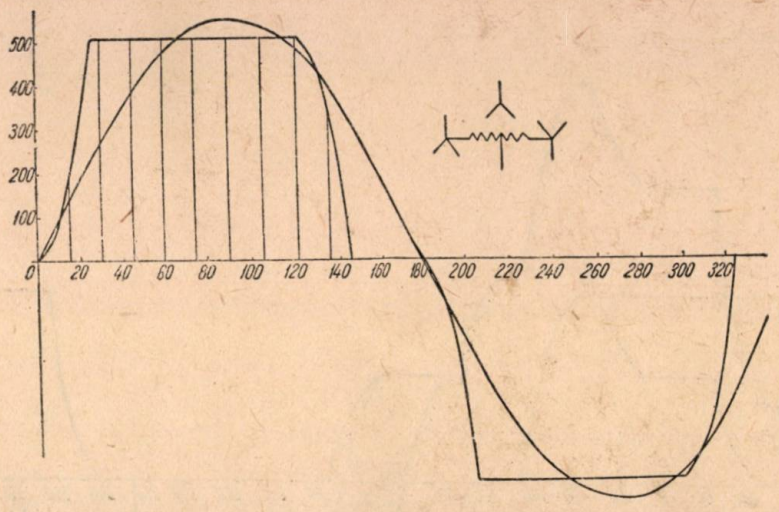


Fig. 8. Forma curbei curentului (reală şi armonica de bază) la redresorul stea-dublă stea cu reactanţă anodică.

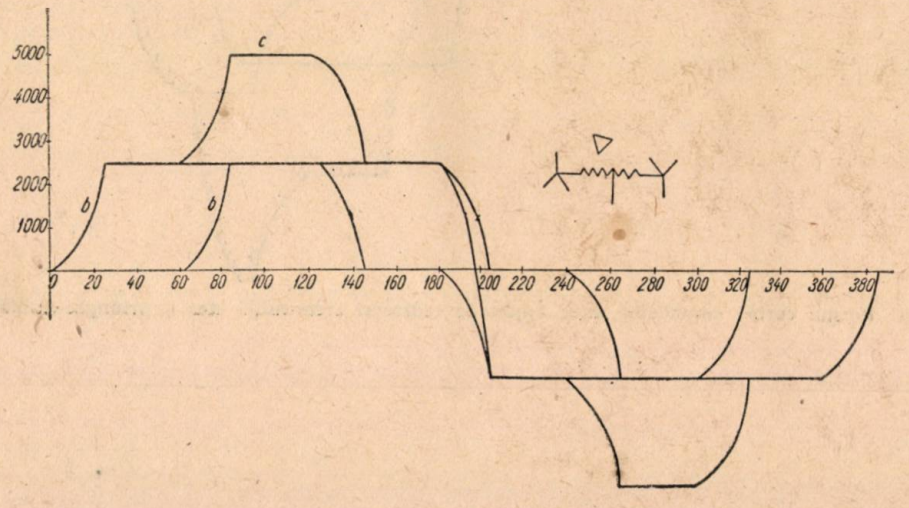


Fig. 9. Forma curbei curentului la redresorul triunghi-dublă stea cu reactanţă anodică.

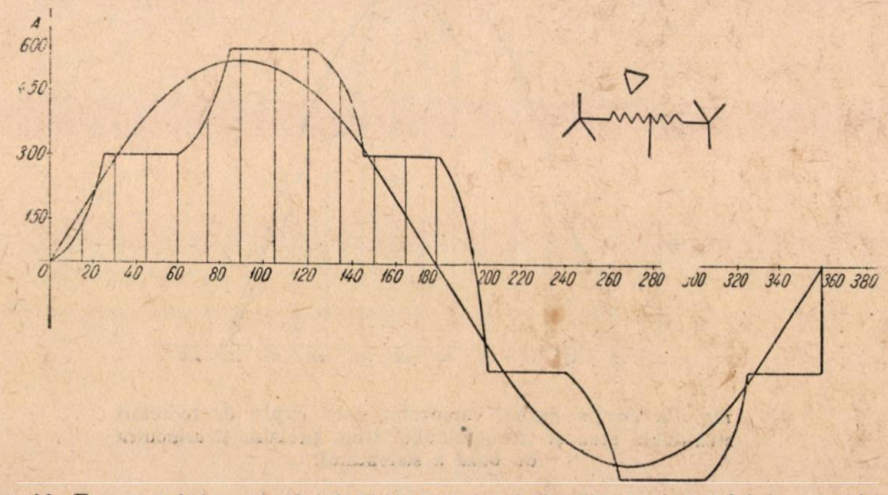


Fig. 10. Forma curbei curentului (real şi armonica de bază) a redresorului în conexiunea triunghi-dublă stea cu reactanţă anodică.

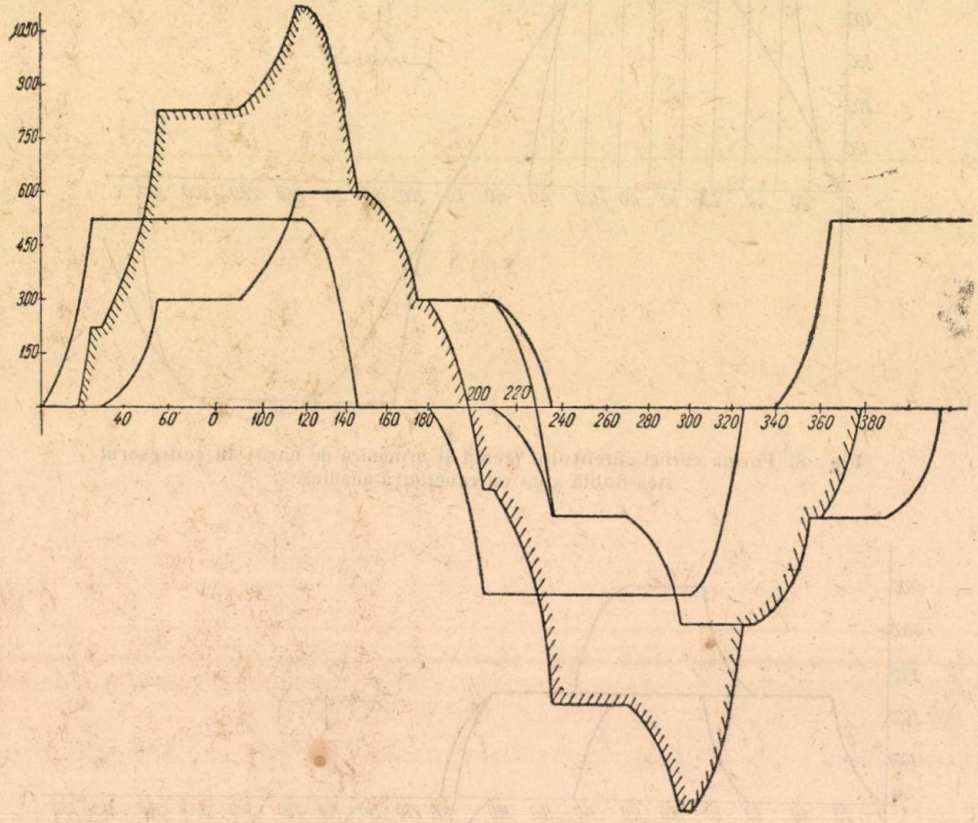


Fig. 11. Forma curbei curentului unui cuplu de redresori stea-dublă stea şi triunghi-dublă stea.

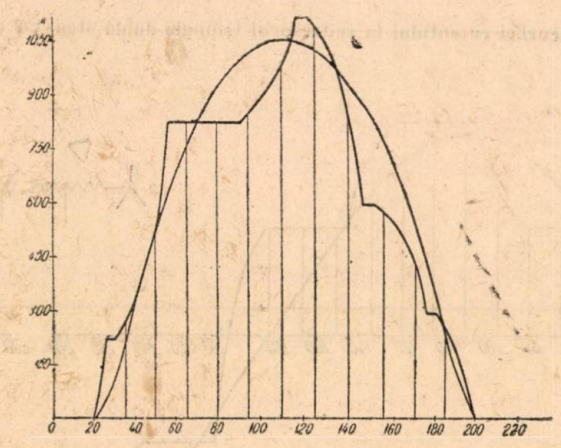


Fig. 12. Forma curbei curentului unui cuplu de redresori stea-dublă stea şi triunghi-dublă stea, precum şi armonica de bază a sistemului.

Tabela 3

Coeficienţii armonicelor $A_1 : A_3 \ldots A_{11}$

a) *Pentru conexiunea stea-stea:*		
$A'_1 = 545$ A	$A''_1 = 125$ A	$A_1 = 560$ A
$A'_3 = 5{,}85$ „	$A''_3 = 0$ „	$A_3 = 5{,}85$ „
$A'_5 = -42{,}6$ „	$A''_5 = -87$ „	$A_5 = 97{,}3$ „
$A'_7 = -4{,}5$ „	$A''_7 = -60$ „	$A_7 = 62$ „
$A'_9 = 5{,}85$ „	$A''_9 = 0$ „	$A_9 = 5{,}85$ „
$A'_{11} = -3{,}1$ „	$A''_{11} = 18{,}5$ „	$A_{11} = 18{,}6$ „
b) *Pentru conexiunea triunghi-stea:*		
$A'_1 = 557$ A	$A''_1 = -72{,}4$ A	$A_1 = 564$ A
$A'_3 = 22$ „	$A''_3 = -26{,}4$ „	$A_3 = 34$ „
$A'_5 = 36$ „	$A''_5 = -27$ „	$A_5 = 44{,}7$ „
$A'_7 = -4{,}2$ „	$A''_7 = -14$ „	$A_7 = 14{,}7$ „
$A'_9 = 22$ „	$A''_9 = -70$ „	$A_9 = 74$ „
$A'_{11} = -4{,}2$ „	$A''_{11} = 37$ „	$A_{11} = 37{,}2$ „
c) *Pentru cuplul constînd din stea-stea plus triunghi-stea:*		
$A'_1 = 1060$ A	$A''_1 = 64$ A	$A_1 = 1070$ A
$A'_3 = -15{,}2$ „	$A''_3 = 10{,}4$ „	$A_3 = 18{,}5$ „
$A'_5 = -65$ „	$A''_5 = -96{,}5$ „	$A_5 = 116$ „
$A'_7 = 75$ „	$A''_7 = 35$ „	$A_7 = 83$ „
$A'_9 = 16{,}7$ „	$A''_9 = 8{,}9$ „	$A_9 = 17$ „
$A'_{11} = 53{,}5$ „	$A''_{11} = 19{,}2$ „	$A_{11} = 56$ „

III. Concluzia

Se constată din tabla 4 că pe cînd conexiunea stea-stea are armonica a 5^a şi a 7^a mai mare ca 10% din unda de bază, conexiunea triunghiu-stea are numai o singură armonică şi anume a 9a mai mare ca 10%. Aceasta este şi explicaţia faptului că această conexiune, deşi necesită material de bobinaj mai mult decît prima, deci este mai scumpă, este în mod general întîlnită în practică. Dacă acum comparăm conexiunea triunghi-stea cu cuplul triunghi-stea + stea-stea, apare în mod vădit superioritatea acestei conexiuni faţă de precedentele. Pentru a sezisa şi mai bine diferenţa dintre aceste conexiuni, se va analiza mai jos comportarea acestor armonice faţă de armonicele superioare produse de însăşi generatorii reţelelor care alimentează redresorii. In acest scop se redau în tabela 5 valorile factorilor de bobinaj pentru cele 6 armonice calculate mai sus şi pentru valori diferite ale lui q (numărul de crestături pe pol şi fază)

Confruntînd acum tabela 5 a armonicelor generatorului cu tabela 3 a armonicelor provocate de redresor, se constată că armonicele superioare ale generatorului începînd cu a 7a inclusiv sînt negative, iar armonicele redresorului în conexiunea combinată sînt negative numai de ordinul 3 şi 5 şi pozitive pentru celelalte ordine. Deci toate armonicele superioare provocate de redresorii montaţi în această conexiune se scad din acele ale generatorului, condiţie care nu este îndeplinită de nici una din celelalte conexiuni. Aşa dar armonicele superioare provocate de redresor în conexiunea combinată anihilează efectul supărător al armonicelor superioare proprii ale generatorului. Dacă se mai ţine socoteală de faptul că prin folosirea bobinajului în două straturi cu pas scurtat se poate obţine, prin scurtare de pas factorul de bobinaj dorit, rezultă că la proiectarea generatorului se poate scoate în evidenţă acele armonice superioare, care opuse armonicelor redresorului, să anuleze în mod simţitor deformaţia provocată de fiecare în parte.

Conexiunea combinată stea-stea + triunghi-stea nu prezintă calităţi numai din punctul de vedere analizat mai sus.

Se ştie că redresorul cu reglaj de tensiune

Tabela 4

Valorile relative ale coeficienţilor armonicelor

Conexiunea	Stea-Stea	Triunghi-Stea	Triunghi-Stea + Stea-Stea
$A_3 : A_1$	$\frac{5{,}85}{560} 100 = 1{,}05$	$\frac{34}{564} 100 = 6$	$\frac{18{,}5}{1070} 100 = 1{,}73$
$A_5 : A_1$	$\frac{97{,}3}{560} 100 = 17{,}5$	$\frac{44{,}7}{564} 100 = 7{,}9$	$\frac{116}{1070} 100 = 10{,}85$
$A_7 : A_1$	$\frac{62}{560} 100 = 11{,}1$	$\frac{14{,}7}{564} 100 = 2{,}6$	$\frac{83}{1070} 100 = 7{,}75$
$A_9 : A_1$	$\frac{5{,}85}{560} 100 = 1{,}05$	$\frac{74}{564} 100 = 13{,}1$	$\frac{17}{1070} 100 = 1{,}58$
$A_{11} : A_1$	$\frac{18{,}6}{560} 100 = 3{,}32$	$\frac{37{,}2}{564} 100 = 6{,}6$	$\frac{56}{1070} 100 = 5{,}2$

prin grilă este caracterizat printr-un factor de putere oneros. Reglajul de tensiune prin grilă obţinuîndu-se prin defazarea aprinderii pentru fiecare fază (anod), această defazare se transmite asupra primarului transformatorului redresorului printr-o defazare a intensităţii faţă de tensiune. Deci dacă la redresori fără reglaj de tensiune problema factorului de putere nu se pune, deoarece valoarea acestuia era foarte apropiată de unitate, în cazul reglajului prin grilă, raportul dintre tensiunea reglată şi aceea nominală este aproximativ egală cu factorul de putere.

Dacă notăm cu P puterea activă, cu Q puterea reactivă şi cu D puterea deformată, factorul de putere k al redresorului va fi dat de experesia :

$$k = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2 + D^2}} .$$

Cum D este provocat de armonicele superioare rezultă că prin reducerea acestor armonice, ceea ce am văzut că se obţine în cazul folosiri conexiuni combinate, se realizează o ameliorare simţitoare a factorului de putere.

Factorul de putere provocat de redresori în reţeaua de alimentare are o construcţie mai complicată, el depinzînd de conexiunea folosită, precum şi de tensiunea de scurtcircuit a transformatorului. În cazul conexiunilor stea-stea şi triunghi-stea factorul de putere este dat de

$$\frac{0{,}955 \cos^2 u}{\sqrt{1 - 3\psi(u)}}$$

Dacă analizăm modul cum se face reglajul prin grilă, constatăm că prin defazarea aprinderii, se creiază diferenţe mari între valoarea amplitudinii curentului şi valoarea acestui curent în punctul de aprindere. Aceste diferenţe formează sursa de armonice superioare, care sînt de fapt reduse prin defazare de 30° ce rezultă din tensiunile pe fază ale primarului transformatorului din conexiunea stea-stea, faţă de acel în conexiunea triunghi-stea. Nu este locul să arătăm aici modul cum variază factorul de putere în funcţie de domeniul de reglaj prin grilă. Din expunerea făcută rezultă că şi în această privinţă conexiunea combinată prezintă reale calităţi, ceea ce va contribui ca într-un viitor mai mult sau mai puţin apropiat, această conexiune să se generalizeze şi prin ea să dispară acele inconveniente care au frînat într-o iarecare măsură întroducerea pe scară mai întinsă a redresorului, Odată realizată această generalizare, vor dispare cel puţin 42 conexiuni din cele 44 cîte s-au imaginat cu scopul de a se ameliora funcţionarea redresorului în punctele pe care le-am arătat mai sus. Constatările practice în această privinţă sînt cît se poate de favorabile, încît redresorul poate fi considerat ca definitiv întrodus în cea mai dificilă problemă de antrenare, antrenarea laminoarelor .

Tabela 5

Factorii de bobinaj ale armonicelor generatorilor trifazici

q	Armonica					
	1	3	5	7	9	11
1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,966	0,707	0,269	— 0,259	— 0,707	— 0,966
3	0,960	0,667	0,217	— 0,178	— 0,333	— 0,178
4	0,958	0,653	0,204	— 0,157	— 0,271	— 0,126
6	0,956	0,624	0,197	— 0,145	— 0,236	— 0,102
10	0,955	0,639	0,193	— 0,139	— 0,220	— 0,092

Bibliografie

Budeanu C. : Puisances, reactives et fictives. Bucarest 1927.

Crug C. A. : Bazele Electrotehnicei, vol. II, Editura Energetică de Stat, 1953.(trad. din limba rusă).

Marti O. K.— Winograd H. : Mercury arc power Rectifiers, 1930.

Kubler E. : Wirkungsweise und Schaltung von g'ttergesteuerte Stromrichteranlagen, E.T.Z., 1936, pag. 161.

★

ВЛИЯНИЕ РТУТНЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ

Резюме

Ртутные выпрямители представляют кроме особых преимуществ и недостаток создания нежелательных высших гармоник в питающей сети. Указывается что в случае применения определенной схемы, этот недостаток полностью устраняется. Теоретические результаты применяются к советским выпрямителям типа РМиВ—500×6.

LEGĂTURI ELECTRICE DE CONTACT IN STAŢIILE DE TRANSFORMARE AERIENE

Ing. V. PROROCEANU

In cadrul preocupărilor pentru realizarea unor legături optime de contact în posturile de transformare de tip exterior, autorul după ce arată condiţiile speciale care determină realizarea acestor legături, descrie diferitele categorii de legături de contact (de întinderea conductorilor, de derivaţie la aparate, în posturile de transformare aeriene, etc.) şi aduce o serie de concluzii practice rezultate din experienţa de pe teren.

Legătura electrică de contact are un rol important în instalaţiile electrice care se fac în staţiile de transformare aeriene şi executarea lor în condiţii optime constituie o problemă de prim ordin.

In cadrul acestei probleme se vădesc preocupări permanente de a se asigura legăturile de contact corespunzătoare în staţiile şi posturile de transformare exterioare.

Pentru a se uniformiza modul de executare a acestor legături a fost întreprinsă la trustul „Electromontaj" o acţiune generală atît pe şantierele de execuţie cît şi în birourile de proiectare, întocmindu-se un normativ provizoriu pentru executarea acestor legături. In vederea unei uşurări a aplicării acestui normativ sectorul tehnic al trustului „Electromontaj" pregăteşte un album — catalog al clemelor şi armăturilor de linii şi staţii care cuprinde şi indicaţii de utilizarea acestor cleme şi armături.

S-a urmărit la trustul „Electromontaj" şi problema realizării în ţară a clemelor de aluminiu; după multe încercări s-au obţinut cleme din aliaj de aluminiu de foarte bună calitate, contribuindu-se în mod efectiv la rezolvarea acestei probleme.

Toate aceste preocupări au făcut ca numai cu 10 tipuri de cleme diferite şi 6 combinaţii între acestea, să se execute toate legăturile electrice de contact posibile în staţiile şi posturile de transformare de tip exterior, echipate cu o mare diversitate de aparate.

In cele ce urmează, după trecerea în revistă a condiţiilor generale impuse legăturilor de contact se expun şi se discută principalele tipuri de legături utilizate în staţii şi posturi de transformare.

A. Condiţii generale

Legătura electrică de contact, ansamblu constructiv cu ajutorul căruia se leagă doi sau mai mulţi conductori pentru a permite trecerea curentului electric, trebuie să satisfacă următoarele condiţii: să realizeze o legătură electrică sigură; să fie rezistentă din punct de vedere mecanic; să nu se încălzească peste valoarea admisibilă, cînd este parcursă de curentul nominal un timp îndelungat; să aibă suficientă stabilitate termică şi dinamică la trecerea curentului de scurtcircuit; să reziste acţiunii agenţilor externi.

Rezistenţa de trecere a contactului legăturilor electrice este determinată de următorii factori:

1. *Natura materialului* din care este construit contactul; rezistenţa de trecere este cu atît mai mică cu cît rezistivitatea şi rezistenţa la strivire a materialului sînt mai mici; de aceea contactele executate din materiale dure sînt acoperite cu straturi din materiale mai moi (cositor pentru cupru şi alamă, cositor, zinc sau cadmiu pentru oţel).

2. *Forţa de apăsare* a suprafeţelor de contact la aceeaşi suprafaţă de contact; rezistenţa de trecere a contactului este cu atît mai mică cu cît forţa de apăsare este mai mare; ea însă nu poate fi prea mare, pentru a nu produce tensiuni mari în material, acestea avînd drept efect pierderea calităţilor elastice ale materialului şi defectarea legăturii de contact. Valorile optime ale presiunilor de contact variază în funcţie de natura materialului şi de starea suprafeţelor de contact.

Buloanele care strîng legăturile de contact fixe, nu trebuie să se poată deşuruba (din cauza vibraţiilor, etc.) căci altfel forţa de apăsare pe contact se micşorează. Pentru funcţionarea sigură a legăturilor de contact fixe, trebuie să se înlăture posibilitatea slăbirii buloanelor de strîngere. Aceasta se obţine prin folosirea inelelor de siguranţă a şaibelor cu coadă şi a contrapiuliţelor, prin folosirea şuruburilor de blocare etc.

Aceste măsuri de asigurare a presiunii pe contacte sînt şi mai necesare la legăturile de contact de aluminiu, la care presiunea pe suprafeţele de contact poate scădea din cauza cedării materialului.

3. *Starea suprafeţelor de contact*: dacă nu se iau măsuri speciale de protecţie, se formează între punctele de contact pori, în care poate pătrunde umiditatea din mediul înconjurător şi materii chimice active care provoacă coroziunea materialului; aceasta contribuie la mărirea rezistenţei de trecere.

Calitatea prelucrării suprafeţelor de contact influenţează asupra valorii rezistenţei de trecere, cînd forţele de apăsare sînt mici; la forţe de apăsare mari aceasta are influenţă din ce în ce mai mică. Prin prelucrarea suprafeţelor de contact se urmăreşte îndepărtarea peliculelor străine (în special oxizii metalului) şi obţinerea unui număr maxim de puncte de contact. Experienţa arată că — din acest punct de vedere — suprafeţele cu asperităţi, obţinute prin prelucrarea cu pila, sînt cele mai avantajoase; dimpotrivă rectificarea şi lustruirea foarte amănun-

ţită a suprafeţelor de contact duce în unele cazuri, la mărirea rezistenţei de trecere.

Pentru aluminiu, cea mai bună prelucrare este curăţirea suprafeţelor de contact sub vaselină cu şmirghel sau cu o perie de oţel, fiindcă astfel se evită formarea peliculei de oxid de aluminiu.

In tabela 1 sînt date valorile presiunilor pentru legăturile de contact fixe, realizate prin buloane, la diferite materiale şi condiţii de prelucrare a suprafeţei de contact.

Tabela 1

Prelucrarea şi presiunea contactelor

Materialul	Prelucrarea suprafeţei de contact	Presiunea kg/cm²
Cupru, alamă, bronz	—	60—120
Cupru	Cositorită	50—100
Aluminiu	Curăţită cu şmirghel sub vaselină	200—300
Oţel	—	600
Oţel	Cositorită	100—150

In instalaţiile electrice sînt folosite legături de contact de diferite forme : legături fixe, legături mobile, legături glisante.

B. Legături fixe de contact în staţiile şi posturile de transformare de tip exterior

1. *Legăturile fixe de contact* sînt folosite pentru legarea rigidă a dferitelor părţi conducătoare de curent dintr-o instalaţie. După forma conductoarelor care se leagă, aceste legături se pot împărţi în trei grupe diferite: legăturile conductoarelor plane; legăturile conductoarelor rotunde şi legăturile conductoarelor plane cu conductoare rotunde.

Pentru instalaţiile de tip interior problema executării legăturilor de contact nu prezintă dificultăţi, deoarece îmbinările se fac direct între bare fără alte piese intermediare ; nu tot aşa stau însă lucrurile la instalaţiile de tip exterior. Realizarea legăturilor electrice de contact în instalaţiile electrice de contact în instalaţiile electrice de înaltă tensiune de tip exterior constituie o problemă mai dificilă, deoarece aceste legături se execută cu conductoare flexibile multifilare şi fiindcă ele sînt supuse acţiunii agenţilor atmosferici.

2. *Conductoarele flexibile* nu se pot lega direct între ele, nici la aparate. De aceea sînt necesare pentru aceasta piese speciale denumite, în practica curentă, cleme pentru legături electrice de contact.

Clemele electrice de legătură trebuie să fie simple, să permită asigurarea unui contact electric cît mai perfect şi să reziste acţiunii agenţilor atmosferici.

Pentru conductoarele flexibile de cupru, problema legăturilor de contact şi a clemelor respective a fost rezolvată ; clemele s-au executat în ţară conform STAS 1888-950. Cu numai trei tipuri de cleme, clema dreaptă de legătură STAL, clema plată de legătură STAP şi clema T de derivaţie STAD — se pot executa toate legăturile de contact în instalaţiile electrice exterioare cu conductoare de cupru. Mai trebuie adăugat la aceasta şi clema de întindere cu con (TC), din fontă maleabilă, necesară pentru întinderea conductoarelor.

3. Prin utilizarea conductoarelor flexibile de aluminiu şi oţel-aluminiu, executarea legăturilor electrice de contact în instalaţiile electrice de tip exterior s-a complicat foarte mult, deoarece :

— întrebuinţînd conductoare de aluminiu, apar legături electrice de contact între două metale diferite (Cu şi Al), care sînt supuse unor procese accentuate de coroziune din cauza microcuplelor electrochimice ce iau naştere în aceste legă-de contact ;

— lipsesc unele documentaţii tehnice în legătură atît cu problema legăturilor de contact cît şi a clemelor de legătură.

4. Pentru o analiză cît mai judicioasă, problema legăturilor electrice în staţiile şi posturile de transformare exterioare se poate împărţi în mai multe capitole, după natura şi rolul legăturilor electrice considerate şi anume ;

— legături pentru întinderea conductoarelor în staţii ;

— legături electrice de contact de derivaţie ;

— legături electrice de contact la aparate ;

— legături electrice la posturi aeriene de transformare.

In cele ce urmează se vor trece în revistă aceste tipuri de lăgături.

C. Legături pentru întinderea conductoarelor în staţiile de transformare de tip exterior

1. In staţiile de transformare de tip exterior (fig 1) există în general trei tipuri de conductoare electrice, *după rolul lor în instalaţii* şi anume :

a) conductoarele barelor colectoare ;

b) conductoarele barelor ajutătoare de legătură între separatoarele de bare şi întrerupătoare, respectiv transformatoare ;

c) conductoarele legăturilor la aparate.

Dintre acestea, numai conductoarele de la pct. a şi b necesită operaţia de întindere şi se încadrează în acest capitol.

2. După modul de execuţie, se pot ivi două situaţii diferite la întinderea conductoarelor în staţiile exterioare şi anume :

a) Conductoarele nu se termină în limita panourilor în care sînt întinse, ci se continuă, fie pentru racordarea lor cu conductoarele corespunzătoare din panourile vecine (coardele la barele generale), fie pentru racordarea lor la bornele aparatelor.

Intinderea şi legarea conductoarelor se face, în acest caz (fig. 2), atît la conductoarele de cupru cît şi la conductoarele de aluminiu şi oţel aluminiu, ca şi la liniile electrice, cu ajutorul clemelor de tracţiune cu con TC, cu pană TP sau cu bride TB.

După mai multe încercări şi-a găsit o largă întrebuinţare în ţara noastră clema de tracţiune cu con (STAS 680-49),

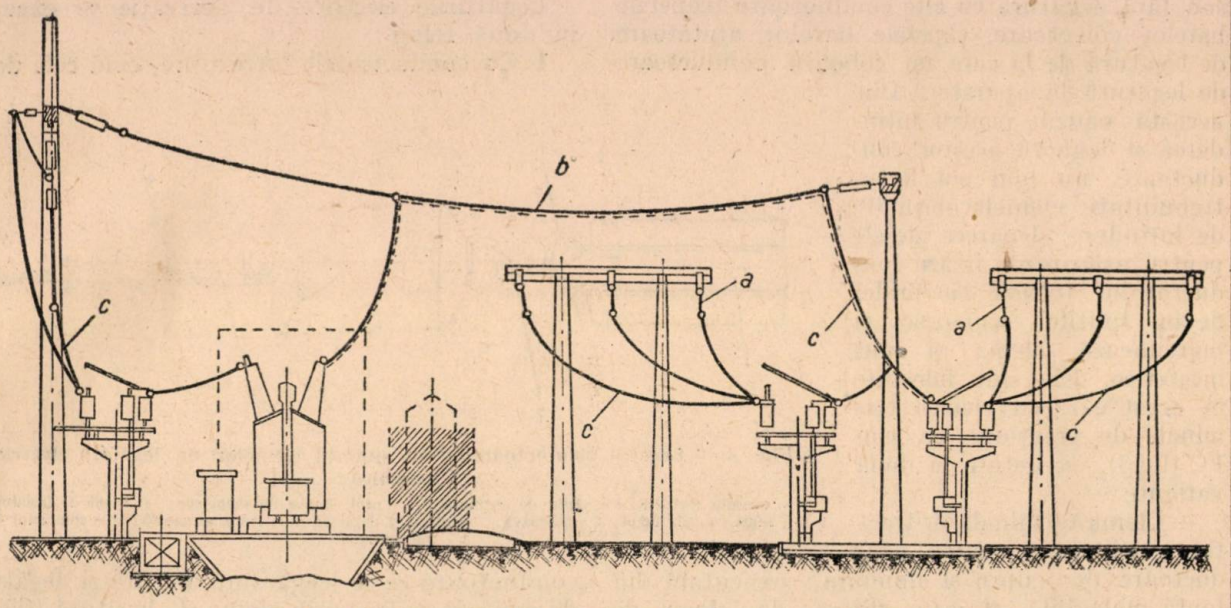


Fig. 1. — Conductoarele din staţiile de transformare de tip exterior:
a — conductoarele barelor colectoare; *b* — conductoarele barelor ajutătoare; *c* — conductoarele legăturilor la aparate.

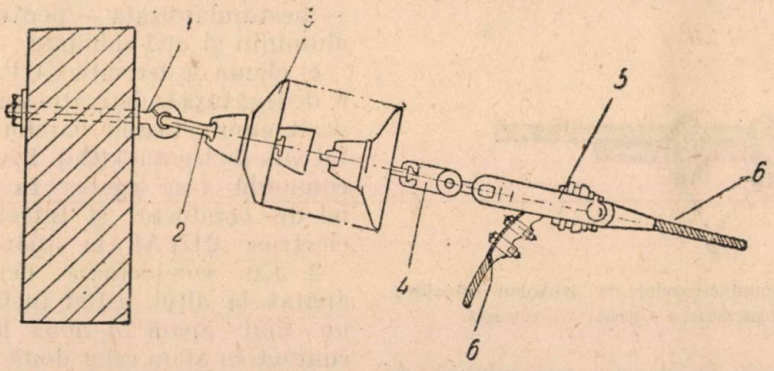


Fig. 2. — Legarea conductoarelor cu ajutorul clemelor de tracţiune cu con TC:
1 — cîrlig pentru fixarea lanţului de izolatori; *2* — ochi simplu de suspensie; *3* — lanţ de izolatori; *4* — nucă cu ochi drept; *5* — clemă tracţiune cu con TC; *6* — conductor OL-AL.

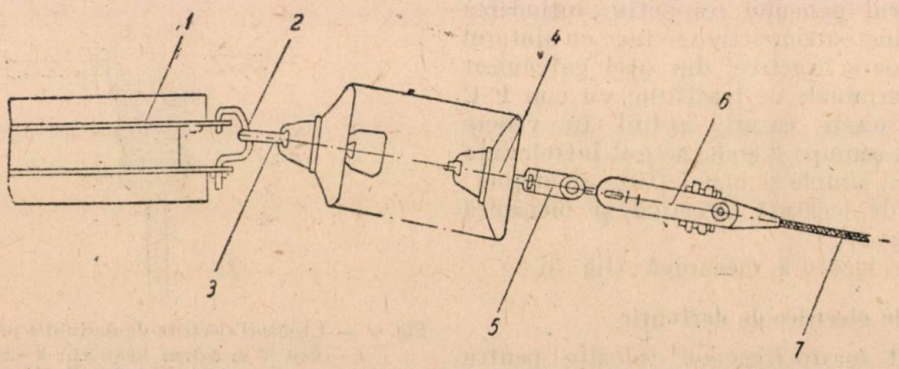


Fig. 3. — Legarea conductoarelor cu ajutorul clemelor terminale de tracţiune cu con FC:
1 — consolă metalică; *2* — cîrlig de întindere; *3* — ochi simplu de suspensie; *4* — lanţ de izolatori; *5* — nucă cu ochi drept; *6* — clemă terminală cu con FC; *7* — conductor OL-AL.

b) Conductoarele se termină la capetele panourilor în care sînt întinse, fără racordare la aparate sau fără legătura cu alte conductoare (capetele barelor colectoare, capetele barelor ajutătoare de legătură de la care nu coboară conductoare de legătură la aparate). Din această cauză, pentru întinderea şi legarea acestor conductoare, nu mai pot fi întrebuinţate clemele obişnuite de întindere, deoarece piesele pentru asigurarea fixării conductorului (cîrjele cu bride) devin inutile, scumpesc şi îngreunează clema şi sînt inestetice. Ele sînt înlocuite în acest caz, cu clemele terminale de tracţiune cu con FC (fig 3), executate în două variante :

— Clema terminală de tracţiune cu con, pentru conductoare de cupru şi aluminiu, executată din fontă maleabilă şi care diferă de clema de tracţiune cu con numai prin suprimarea piesei pentru asigurarea fixării conductorului (cîrja cu bride) ;

— Clema terminală de tracţiune cu con pentru conductoare de oţel-aluminiu, care este în prin-

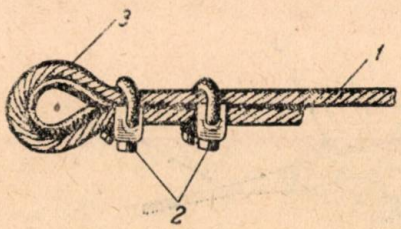


Fig. 5. — Legătura conductoarelor cu ajutorul bridelor :
1 — conductor oţel galvanizat ; *2* — clemă ; *3* — potcoavă.

cipiu aceeaşi clemă ca şi cea precedentă, la care s-a adăogat însă un dispozitiv pentru fixarea separată a inimii de oţel a conductorului.

In panourile, în care legarea la aparate se face cu conductorul neîntrerupt, prin coborîrea lui în interiorul panoului respectiv, întinderea şi legarea conductoarelor active se face cu ajutorul unor conductoare neactive, din oţel galvanizat şi cu cleme terminale de tracţiune cu con F C (fig 3). In aceste cazuri, avînd în vedere că acestea sînt scumpe şi grele, se pot întrebuinţa alte cleme mai simple şi mai ieftine şi anume :

— clemele de legătură electrică şi mecanică cu buloane (fig 4) ;

— bride de legătură mecanică (fig 5)

D. Legăturile electrice de derivaţie

Acestea sînt foarte frecvent folosite pentru legarea diverselor circuite (celule) la barele colectoare, pentru legarea în comun a barelor ajutătoare de legătură a separatoarelor de bare, pentru legarea întrerupătoarelor sau a transformatoarelor la barele ajutătoare de legătură, legarea în derivaţie a reductoarelor de tensiune şi a descărcătoarelor etc. (fig 1).

Legăturile electrice de derivaţie se execută în două feluri :

1. Cu conductoarele întrerupte, cînd cele două

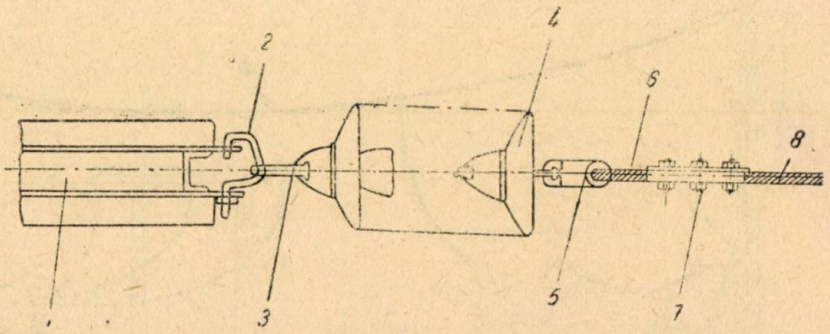


Fig. 4. — Legarea conductoarelor cu ajutorul clemelor de legătură electrică şi mecanică :
1 — consolă metalică ; *2* — cîrlig de întindere ; *3* — ochi simplu de suspensie ; *4* — lanţ de izolatori ; *5* — nucă cu ochi drept ; *6* — potcoavă ; *7* — clemă de legătură electrică şi mecanică ; *8* — conductor OL galvanizat.

conductoare ce se leagă sînt diferite şi legătura de contact se face prin clema de legătură (fig.6). Legătura electrică de contact, în staţiile de transformare exterioare, se face în acest caz cu :

a) clema de derivaţie din bronz STAD-STAS 1 888-50 — la conductoarele de cupru ;

b) clema de derivaţie din aluminiu STAD-AL, — nestandardizată — pentru conductoarele de aluminiu şi oţel-aluminiu ;

c) clema de derivaţie CUPAL, cînd conductoarele de legătură în derivaţie sînt din alt material (Al) decît conductoarele barelor colectoare sau ajutătoare de legătură (Cu). Pentru simplificare se recomandă însă legarea în derivaţie cu acelaşi fel de conductor şi întrebuinţarea legăturilor electrice CUPAL la aparate.

2. Cu conductoare neîntrerupte de la un aparat la altul, astfel încît în acest circuit să nu mai apară o nouă legătură electrică de contact în afara celor două legături de la bornele aparatelor (fig 1).

Intinderea conductorului activ, care coboară la aparat şi legarea lui la lanţul de izolatoare al

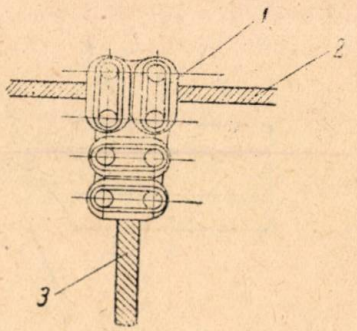


Fig. 6 — Legături electrice de derivaţie prin cleme STAD-AL
1 — clemă T de derivare STAD-AL ; *2* — conductor OL-AL ; *3* — conductor OL-AL.

portalului staţiei se face cu ajutorul unui conductor neactiv din oţel galvanizat, prin care nu circulă curentul electric, acest conductor preluînd numai eforturile mecanice. Metoda este

foarte mult recomandată de literatura de specialitate sovietică, fiindcă asigură o legătură mai bună pentru exploatare.

Legăturile electrice de derivaţie de acest fel se realizează în două variante:

a) o combinaţie între o clemă de tracţiune cu con (TC) prin care trece conductorul activ

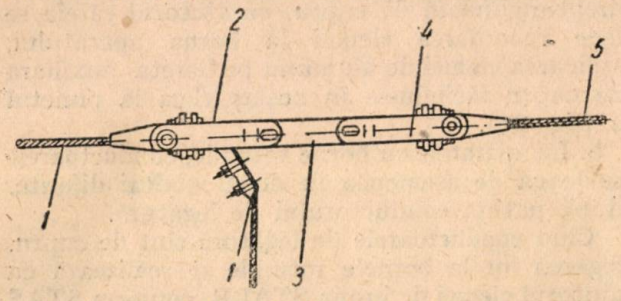


Fig. 7. — Legătură electrică de derivaţie cu combinaţie de cleme FC şi TC:

1 — conductor OL-AL; *2* — clemă de tracţiune cu con TC; *3* — urechi de prelungire; *4* — clemă terminală cu con FC; *5* — conductor OL galvanizat

şi coboară în derivaţie la aparat şi o clemă terminală de tracţiune cu con (FC) în care se fixează conductorul neactiv, cu ajutorul căruia se face întinderea şi fixarea de portalul staţiei (fig. 7);

b) o combinaţie între o clemă de tracţiune cu con (TC) prin care trece conductorul activ şi o clemă de legătură electrică şi mecanică (CLEM) cu ajutorul căreia se leagă şi se întinde clema de tracţiune cu con (fig 8). Deoarece clemele de legătură electrică şi mecanică sînt mai simple, mai uşoare şi mai ieftine, se recomandă acest mod de executare a legăturilor electrice de derivaţie cu conductoare neîntrerupte.

E. Legături electrice de contact la aparate

1. In staţiile de transformare şi conexiuni de tip exterior, legăturile electrice de contact la aparate sînt cele mai numeroase.

Pentru legarea conductoarelor flexibile multifilare la bornele aparatelor, se folosesc piese speciale de strîngere, care se fixează la capătul conductorului flexibil şi care apoi se leagă la bornele aparatelor, modul de legare fiind în funcţie de forma acestor borne.

Realizarea acestor legături reprezintă o problemă foarte importantă şi în acelaşi timp dificilă, ţinînd seama de numărul mare de aparate întrebuinţate în instalaţiile electrice, precum şi de diversitatea constructivă a bornelor de curent de la aceste aparate. Prin utilizarea în instalaţiile electrice a conductoarelor de aluminiu, rezolvarea acestei probleme devine şi mai grea, deoarece legăturile de contact la aparatele ale căror borne se execută exclusiv din cupru şi aliajele lui, sînt supuse coroziunii într-un grad mai mare decît cele confecţionate numai dintr-un singur metal, din cauză că prin punerea în contact a două metale, cu potenţiale electrochimice diferite (tabela 2), se formează microcelule cu o diferenţă de potenţial determinată de poziţia în şirul de potenţiale electrochimice ale metalelor. Dacă pe suprafaţa de contact se depune (din aer) apă, avînd în soluţie anumite săruri (electrolit), atunci datorită diferenţei de potenţial dintre metale, apare un curent electric; acesta produce uzura metalului cu potenţialul electrochimic negativ mai mare, fiindcă se dizolvă mai uşor în electrolit. Cu cît metalele care formează legătura de contact sînt situate mai departe unul de altul în şirul potenţialelor electrochimice, cu atît diferenţa de potenţial dintre ele este mai mare şi se uzează mai mult unul dintre metalele din contact. Protecţia împotriva acestei coroziuni este una din cele mai importante probleme ale realizării legăturilor de contact din punct de vedere al micşorării rezistenţei lor de trecere. Această protecţie se realizează în general prin aplicarea pe conducte a unor straturi din metal, lac etc. rezistente la coroziune.

2. Realizarea de contacte electrice între conductoarele de cupru şi aluminiu fără coroziune electrochimică a fost şi continuă să fie o problemă pentru oamenii de ştiinţă şi tehnicieni. In momentul de faţă cea mai bună rezolvare a acestei probleme o constituie intercalarea unor plăci de cupal între suprafeţele de contact ale conductoarelor de cupru şi aluminiu, ce urmează să se lege; dimensiunile acestor plăci depăşesc cu cîţiva milimetri dimensiunile suprafeţelor de contact ale legăturii. Plăcile de cupal se confecţionează

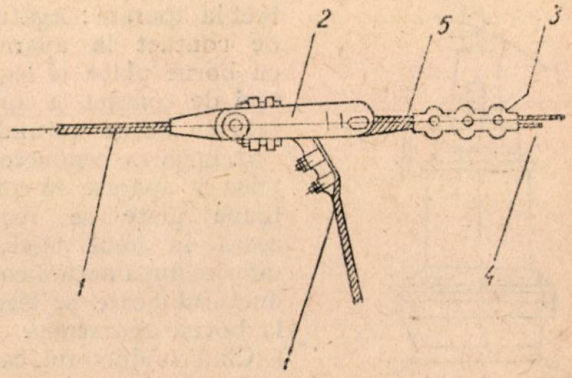


Fig. 8. — Legătură electrică de derivaţie cu ajutorul combinaţiei CLEM şi TC.

1 — conductor OL-AL; *2* — clemă de tracţiune cu con TC; *3* — clemă de legătură electrică şi mecanică cu buloane; *4* — conductor OL galvanizat; *5* — potcoavă.

din table de cupal de 1-3 mm grosime; această tablă se obţine prin laminarea simultană a cuprului şi aluminiului; contactul foarte intim între cele două metale nu mai permite pătrunderea umezelii aşa că fenomenele de coroziune nu mai au loc.

Tabela 2

Şirul potenţialelor electrochimice

Metalul	Pt	Ag	Cu	H	Sn	Cd	Fe	Zn	Al.
Potenţialele în raport cu potenţialul hidrogenului	+ 0,86	+ 0,8	+ 0,345	0	− 0,14	− 0,4	− 0,44	− 0,76	− 1,34

Un rezultat suficient de bun îl dă şi introducerea unei plăci de tablă de cupru subţire şi

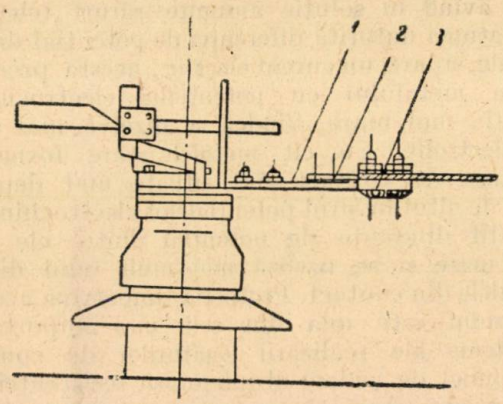


Fig. 9. — Legarea conductoarelor de aluminiu cu clema STAP cu placa de CUPAL:
1 — clema de racord a separatorului; *2* — plăcuţa CUPAL; *3* — clemă plată STAP-AL 60 × 80.

foarte moale între suprafeţele de contact; prin strîngerea puternică a contactului, tabla de cupru se deformează şi umple toţi porii dintre suprafeţele de contact ale celor două metale; umezeala ne mai putînd pătrunde efectul de coroziune este foarte redus.

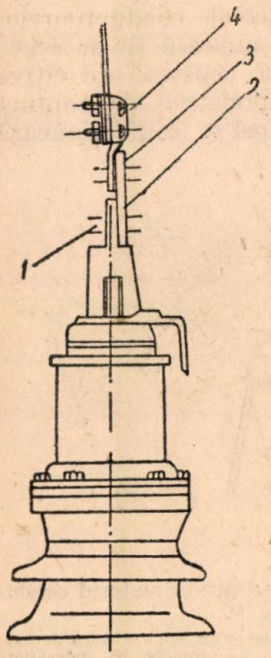


Fig. 10. — Legarea conductoarelor de aluminiu cu clema STAP, placa CUPAL şi bareta auxiliară dreaptă:
1 — Borna întrerupătorului MKP-110; *2* — Bareta auxiliară dreaptă; *3* — plăcuţa CUPAL; *4* — clemă plată STAP-AL 60 × 80.

3. După forma bornelor de la aparatele electrice, sînt două feluri de contact la aparate: legături de contact la aparate cu borne plate şi legături de contact la aparate cu borne rotunde.

a. Legarea conductoarelor la aparate cu bortoane plate se realizează în două moduri diferite după natura conductorului care se leagă la borna aparatului.

Cînd conductorul, care se leagă, este de cupru, se întrebuinţează — fără nici o altă măsură specială — clema de legătură plată, conform STAS 1888-50, denumită prescurtat clema STAP.

Dacă la bornele aparatului se leagă conductoare de aluminiu, atunci se întrebuinţează cleme plate de aluminiu, similare celor de bronz, notate STAP-AL şi lame CUPAL, corespunzătoare. Şi aici deosebim două cazuri diferite şi anume:

a) borna de contact a aparatului permite aplicarea directă a clemei plate; în acest caz partea plată a clemei de legătură are aceleaşi dimensiuni şi aceleaşi găuri pentru înşurubare ca şi borna aparatului. Clema de aluminiu se aplică deasupra bornei plate a aparatului, iar între ele placa de CUPAL, cu partea de cupru spre borna aparatului şi partea de aluminiu spre clema de aluminiu (fig 9.);

b) borna de contact a aparatului are o formă diferită de aceea a clemei plate, sau nu permite aplicarea directă a acesteia; în acest caz este necesară o baretă auxiliară, executată din bară dreptunghiulară de cupru, cu ajutorul căreia se face racordarea clemei la borna aparatului, aplicarea clemei de aluminiu pe bareta auxiliară de cupru făcîndu-se în acelaş fel ca la punctul *a* (fig 10).

b. La aparatele cu borne rotunde, conductoarele se leagă de asemenea în două moduri diferite, după natura conductorului de legătură.

Cînd conductoarele de legătură sînt de cupru, legarea lor la bornele rotunde se realizează cu ajutorul clemei de bronz STALR, conform STAS

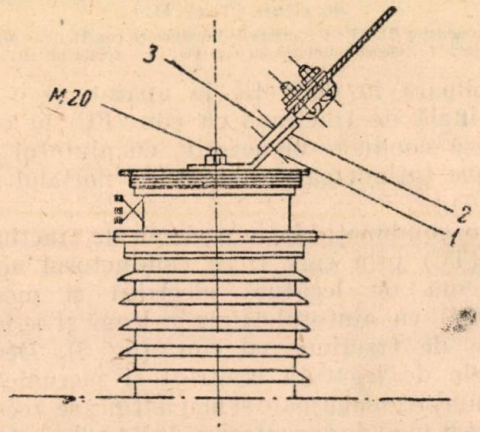


Fig. 11. — Legarea conductoarelor de aluminiu cu clema STAP, placa CUPAL şi bareta auxiliară în unghi:
1 — Bareta auxiliară în unghi; *2* — plăcuţa CUPAL *3* — clemă plată STAP-AL 60 × 60.

1888-50, care se aplică direct pe borna aparatului, cînd aceasta este neghiventată.

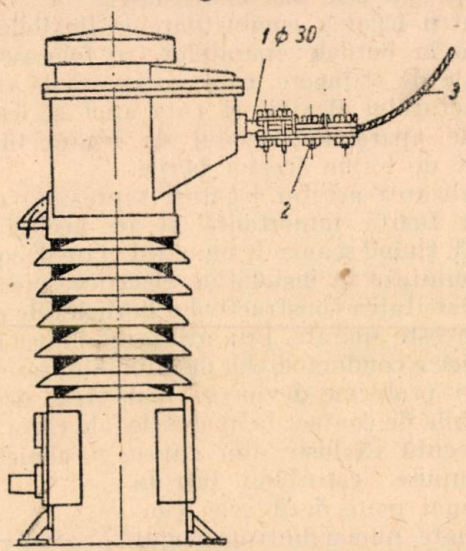


Fig. 12. — Cleme speciale CUPAL pentru legarea conductoarelor de aluminiu la bornele întrerupătorului:
1 — borna întrerupătorului; *2* — clemă dreaptă CUPAL pentru racord la bolţ; *3* — conductor OL-AL.

Legarea conductoarelor de aluminiu la bornele rotunde ale aparatelor se realizează de ase-

menea în două moduri diferite, după modul de execuţie a bornei aparatului, şi anume;

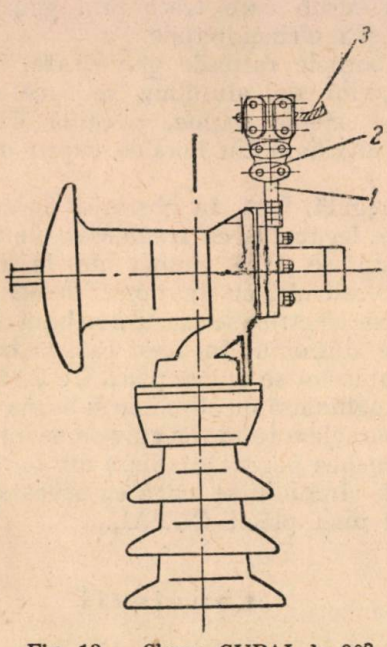


Fig. 13. — Clema CUPAL la 90°
1 — borna întrerupătorului; *2* — clemă CUPAL 90° pentru racord la bolţ; *3* — conductor OL-AL;

a) pentru legarea conductoarelor de aluminiu la bornele rotunde ghiventate ale aparatelor, se întrebuinţează o baretă auxiliară confecţionată din bara dreptunghiulară de cupru. In aceasta se practică la un capăt o gaură corespunzătoare diametrului bornei ghiventate a aparatului, iar la celălalt capăt, găuri corespunzătoare aplicării şi fixării (prin intermediul plăcuţei CUPAL) a clemei plate de legătură din aluminiu, în care se fixează conductorul de aluminiu (fig. 11).

b) pentru legarea conductoarelor de aluminiu la bornele rotunde neghiventate cu un diametru de aproximativ 30 mm., se întrebuinţează cleme speciale CUPAL (fig. 12).

Această clemă se compune din 3 părţi diferite:

— o clemă plată de bronz pentru legarea la bolţuri cu diametrul de 30 mm denumită STAP3, conform STAS 1888-50;

— o jumătate clemă de legătură, dreaptă, din aluminiu STAL-AL;

— o placă CUPAL, care se aplică între partea plată a clemei plate de bronz şi clema de aluminiu şi îndoită în unghi drept la capătul dinspre clema de bronz astfel încît să izoleze şi pe verticală cele două cleme din metal diferit. Fixarea clemei de aluminiu şi a plăcii CUPAL, de partea plată a clemei de bronz, se face cu aceleaşi buloane cu care se strînge conductorul de aluminiu în clema de aluminiu. In cazul bolţurilor rotunde, situate în plan vertical, se întrebuinţează o clemă similară, cu deosebire că ea este astfel executată încît axa clemei de aluminiu este perpendiculară cu axa clemei de bronz (fig. 13).

F. Legăturile electrice de contact în posturi de transformare aeriene.

Intrebuinţarea clemelor arătate mai sus la posturile de transformare aeriene, ar îngreuna şi scumpi aceste instalaţii simple; de aceea realizarea legăturilor electrice de contact în

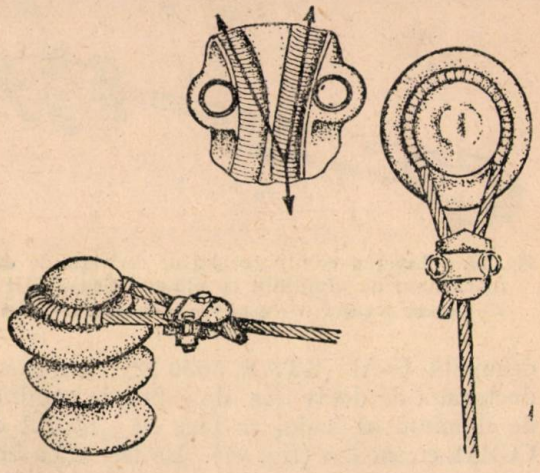


Fig. 14. — Clemă finală de legătură Fl—Al.

aceste instalaţii trebuie rezolvată într-un mod diferit de cele expuse la staţiile de transformare.

1. Intinderea conductoarelor de intrare în staţie pe partea de înaltă tensiune se poate realiza, fie cu ajutorul clemei finale de legătură Fl-Al (fig. 14), fie cu ajutorul clemei de legătură electrică şi mecanică CLEM (fig. 15). Intinderea conductoarelor liniilor de joasă tensiune, de

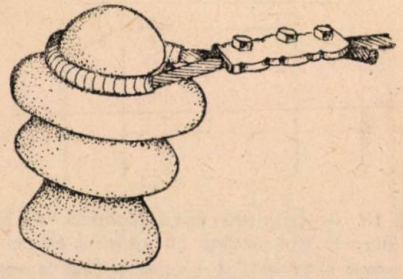


Fig. 15. — Clemă de legătură electrică şi mecanică CLEM

ieşire din post, se realizează în general în acelaş mod.

2. Legarea conductorului de derivaţie se execută atît pe partea de înaltă tensiune cît şi pe

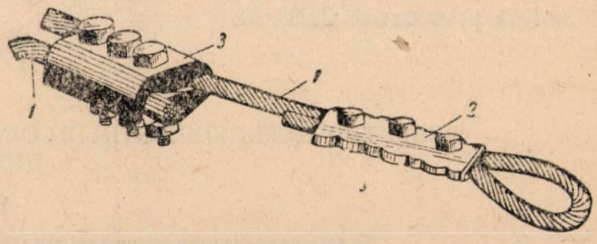


Fig. 16. — Legarea conductoarelor de derivaţie de aluminiu la conductorul liniei cu ajutorul clemei universale de aluminiu
1 — conductor AL; *2* — clemă CLEM; *3* — clemă U-AL;

partea de joasă tensiune în două feluri diferite: legarea conductorului de derivaţie de aluminiu,

la conductorul de aluminiu al liniei se face cu ajutorul clemei universale de aluminiu (fig. 16)

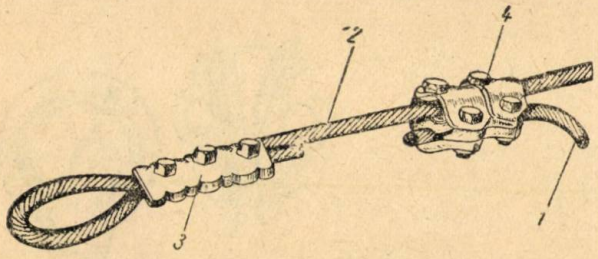


Fig. 17. — Legarea conductorului de derivaţie de cupru la conductorul de aluminiu cu ajutorul clemei CUPAL
1 — conductor de cupru; *2* — conductor de aluminiu; *3* — clemă AL; *4* — clemă CUPAL;

denumită U-Al (STAS 5630-52); legarea conductorului de derivaţie, de cupru, la conductorul de aluminiu al liniei se face cu ajutorul clemei CUPAL, cu scoabe (fig. 17). De asemenea în cazul

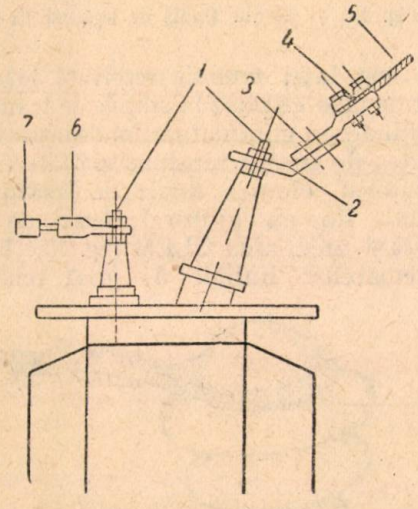


Fig. 18. — Legarea conductoarelor de aluminiu la bornele aparatelor cu ajutorul clemei papuc
1 — bornele aparatului; *2* — bareta auxiliară în unghi; *3* — şaibă CUPAL; *4* — clemă papuc CPD-AL; *5* — conductor AL (OL-AL); *6* — papuc de cablu; *7* — conductor F-750;

legării conductoarelor de derivaţie din aluminiu la conductoarele de cupru ale liniei se întrebuinţează clema CUPAL, cu scoabe răsturnate.

3. Legarea conductoarelor de aluminiu la bornele plate sau rotunde ale aparatelor se face cu ajutorul aceleaşi cleme, anume clema papuc dreaptă, de aluminiu cu patru şuruburi(fig. 18), notată prescurtat CPD-Al.

La bornele plate, clema se aplică pe acestea prin intermediul unei şaibe CUPAL şi se fixează cu un şurub care trece prin gaura bornei, a şaibei şi a clemei papuc.

La bornele rotunde ghiventate, legarea conductoarelor de aluminiu se face cu ajutorul aceleaşi cleme papuc, o şaibă CUPAL şi o baretă auxiliară din bară de cupru dreptunghiulară.

De regulă, însă, în posturile de transformare aeriene, legătura cu conductoarele flexibile din aluminiu se face numai de la linie pînă la bornele cadrului cu siguranţe; de aci mai departe legăturile electrice se execută cu bară dreptunghiulară de aluminiu. In acest caz, la bornele plate ale aparatelor se aplică placă CUPAL, între bara dreptunghiulară de aluminiu şi borna aparatului; iar la bornele rotunde cu ghivent se întrebuinţează de asemenea bareta auxiliară din bară de cupru, bara de aluminiu se leagă cu aceasta prin intermediul unei plăcii CUPAL.

Concluzii

Pentru ca problema executării legăturilor electrice de contact în posturile de transformare exterioare să-şi găsească cea mai bună rezolvare şi în viitor, se cere ca pe lîngă folosirea experinţei de pînă acum să existe următoarele preocupări:

a) să se canalizeze eforturile proiectanţilor cît şi ale executanţilor în direcţia executării uniforme şi corecte a legăturilor electrice de contact, înlăturîndu-se clemele şi modurile de executare necorespunzătoare a acestor legături;

b) să se tindă către o continuă îmbunătăţire a modurilor de realizare a legăturilor de contact şi a mijloacelor întrebuinţate prin studierea continuă a acestor probleme, către analizarea fenomenelor ce au loc şi propuneri de moduri de execuţie perfecţionate care să ofere o mai mare siguranţă în exploatare, o mai uşoară execuţie şi un preţ de cost cît mai redus;

c) să se folosească cît mai judicios stocul de cleme şi de tablă cupal;

d) să se ducă o acţiune susţinută pentru asimilarea şi fabricarea în ţară a tuturor clemelor de aluminiu şi a tablei de cupal;

e) să se treacă la standardizarea tuturor clemelor necesare executării legăturilor de contact cu conductoare de aluminiu.

★

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ КОНТАКТНЫЕ СОЕДИНЕОИЯ В НАРУЖНЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЯХ

Резюме

В виду реализации оптимальных контактных соединений на трансформаторных пунктах наружнего ти а, автор, после у азания специальных условийопределяющих осуществление этих соед нений, описывает различные категории конта тных соединений (по натяжению проводов, ответвительные, апп ратные, для наружных трансформаторных пунктов и т. д.) и дает ряд практических заключений исходящих из практики.

VERIFICAREA DEBITMETRELOR DE ABUR

Ing. SORIN ŞTEFĂNESCU

In anumite procese tehnologice din industrie şi centrale electrice, se folosesc cantităţi mari de lichide şi gaze, care circulă prin conducte: apă (abur), clor (în stare lichidă sau gazoasă) bioxid de sulf, soluţii acide bisulfitice etc. Pentru conducerea raţională a proceselor de fabricaţie şi pentru reducerea consumurilor specifice ale acestor materiale auxiliare, trebuie să se determine debitele folosite. În practică, măsurarea debitelor la lichide şi gaze se face în funcţie de diferenţa de presiune creată de anumite dispozitive de strangulare, în conductele de circulaţie a acestor fluide. Aplicarea acestei metode de măsurare a debitelor pe scară din ce în ce mai largă, impune tehnicienilor însuşirea cunoştinţelor de bază privind funcţionarea, verificarea şi etalonarea acestor aparate.

In fabricile şi centralele electrice unde se consumă mari cantităţi de abur pentru producerea forţei şi pentru nevoile fabricaţiei, măsurarea debitelor aburului este una din problemele importante ale sectorului energetic. Într-adevăr, cunoaşterea debitelor de abur permite să se urmărească încărcarea cazanelor, consumurile turbinelor şi maşinilor cu abur şi consumurile de abur în secţiile de fabricaţie.

Printr-o determinare justă a debitului aburului se poate urmări funcţionarea instalaţiilor din punct de vedere economic, prin urmărirea indicilor de consum şi se pot întreţine instalaţiile îmbunătăţind procesele tehnologice astfel ca indicii de consum să poată fi reduşi.

Pentru ca măsurarea debitelor să se facă cît mai precis este nevoie ca aparatele de măsură să fie păstrate în bună stare şi să fie controlate periodic, altfel măsurătorile se vor face cu erori mari care pot falsifica rezultatele care sînt urmărite.

Principiul măsurătorii. Măsurarea debitelor de abur, se face cu aparate de măsură lucrînd pe principiul diferenţei de presiune care se creează la trecerea aburului printr-o secţiune strangulată.

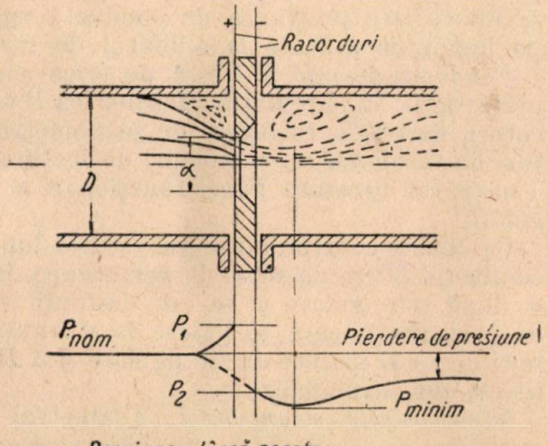


Fig. 1

Pe conducta prin care trece aburul, al cărui debit trebuie măsurat, se montează o strangulare (diafragmă, duză, sau duză Venturi). Aburul, trecînd prin această strangulare, capătă pe o anumită distanţă, forma unei vîne contractate, care determină o scădere de presiune (fig. 1).

Diferenţa dintre presiunile măsurate de o parte şi de alta a strangulării, este cu atît mai mare cu cît debitul aburului, care trece prin strangulare, este mai important, fiind proporţională cu patratul debitului.

$$P_1 - P_2 = A \cdot G^2. \quad (1)$$

A este o constantă care se calculează în funcţie de dimensiunile conductei, de forma şi dimensiunile strangulării şi de caracteristicile aburului (presiune şi temperatură). Diferenţa de presiune $P_1 - P_2$ se măsoară de obicei în mm coloană de apă şi se notează, în acest caz cu h

$$h = A \cdot G^2. \quad (2)$$

Debitul G se măsoară, în cazul aburului în t/h, astfel că dacă cunoaştem constanta strangulării (A) şi diferenţa de presiune (h) expresia debitului devine :

$$G = B\sqrt{h}. \quad (3)$$

B este constanta aparatului de măsură, care se stabileşte în funcţie de constanta A a strangulării.

Aparatul de măsură propriu-zis va fi deci un manometru diferenţial care măsoară diferenţa de presiune h, sau un debitmetru diferenţial etalonat după constanta strangulării, care indică direct debitul, după relaţia (3).

Părţile componente ale instalaţiei de măsură. Instalaţia de măsură pentru debite, cuprinde 3 părţi distincte :

1. strangularea.
2. aparatul de măsură.
3. racordul dintre strangulare şi aparat.

Fiecare din aceste trei părţi componente are rolul ei în măsurarea debitului şi poate fi o sursă de erori dacă funcţionează altfel decît s-a stabilit prin calculele făcute la dimensionarea instalaţiei.

1. *Strangularea* are rolul de a creea diferenţa de presiune h ca urmare a trecerii aburilor prin ea. Constanta ei A este calculată, după cum am arătat mai sus, în funcţie de caracteristicile conductei, aburului şi ale strangulării. Această constantă se poate modifica dînd naştere la erori de măsură, cînd una din caracteristicile care au stat la baza calculului s-a schimbat.

Cauzele care pot schimba aceste caracteristici sînt următoarele:

diametrul conductei se poate micşora prin depuneri (fosfat) sau se poate mări prin coroziuni (oxidare).

rugozitatea conductei se poate mări din aceleaşi cauze de mai sus.

porţiunea liberă de conductă înainte şi după strangulare se poate reduce prin montarea de ventile, termometre, manometre sau modificări de traseu.

dimensiunile strangulării se pot schimba prin uzură sau depuneri.

orificiile de racord se pot înfunda prin depuneri.

caracteristicile aburilor (presiunea şi temperatura) se pot schimba prin variaţii în exploatare.

2. *Aparatul de măsură* are rolul de a indica diferenţa de presiune creată de strangulare, fie ca mărime directă în mm col de apă sau de mercur, fie transformată în debit (t/h). In primul caz, debitul se determină cunoscînd constanta strangulării, în al doilea caz, aparatul are constanta lui de funcţionare care a fost fixată prin construcţie, în funcţie de constanta strangulării cu care e destinat să funcţioneze.

Aparatele de măsură mai răspîndite la noi sînt:

aparatele sovietice DP, indicatoare, înregistratoare şi totalizatoare de debit.

aparate Klinkhoff, înregistratoare de diferenţă de presiune,

aparate Klinkhoff, indicatoare şi înregistratoare de debit,

aparate Siemens, indicatoare şi totalizatoare de debit,

aparate Siemens, indicatoare, înregistratoare şi totalizatoare de debit,

aparate S & B, indicatoare, înregistratoare şi totalizatoare de debit.

Buna funcţionare a acestor aparate depinde de funcţionarea părţilor mecanice şi de neschimbarea constantei caracteristice. Cauzele care pot schimba caracteristica aparatului sînt:

schimbarea nivelului la mercurul din aparat.

bule de aer sau vapori în vasele de măsură ale aparatului.

sistemul mecanic care transmite mişcarea la acul indicator sau la peniţă, uzat sau înţepenit.

3. *Racordul* dintre strangulare şi aparat, are rolul de a transmite la aparatul de măsură, presiunile de la strangulare, în vederea măsurării corecte a diferenţei de presiune, respectiv a debitului.

Racordul se compune din: conductele de racord, rezervoarele de condensat, robinetele de închidere de la strangulare şi robinetele de închidere, purjare şi control de la aparat. La aparatele instalate mai sus decît conducta de abur, mai sînt şi rezervoarele de desaerisire.

Cauzele care pot împiedica buna funcţionare a instalaţiei sînt:

înfundarea conductelor sau a robinetelor;

aer sau vapori necondensaţi în conducte;

scăpări de abur sau condensat din conducte sau robinete;

diferenţă de nivel la condensatul din rezervoare.

Pentru ca instalaţia de măsură să funcţioneze în bune condiţii este necesar să se controleze periodic toate părţile componente, verificîndu-se dacă nu a apărut vre-una din defecţiunile arătate mai sus, care pot cauza erori de măsură. Defecţiunile constatate trebuie înlăturate imediat iar instalaţia se va pune în ordine, la nevoie, printr-o verificare şi reetalonare a aparatelor.

Controlul strangulărilor. Dispozitivele de strangulare se pot controla numai dacă se demontează de la conducte. Această operaţie nu se poate face decît atunci cînd conducta este scoasă din funcţiune, cu ocazia reviziei instalaţiilor producătoare sau consumatoare de abur.

Cum defecţiunile mari, la strangulări, se produc numai după un timp îndelungat de funcţionare, demontarea lor pentru verificare totală se poate face la 2—3 ani, în timpul opririlor generale. Dacă la controlul făcut se constată că strangularea este în perfectă stare intervalele de control se pot rări.

Diametrul conductei (D) trebuie să fie acel înscris pe carcasa strangulării. Pentru o bună măsurătoare, nu se admite o diferenţă mai mare de 1% între diametrul real şi cel nominal, în special la intrarea în strangulare. In cazul cînd diferenţa e mai mare, se va înlocui o bucată de conductă de lungime cel puţin egală cu 2 D înainte de strangulare sau cu D, după strangulare.

Rugozitatea conductei trebuie să fie normală, adică aşa cum arată o conductă fără coroziuni. Dacă se constată o rugozitate mare a conductei şi nu se poate curăţi fără a i se mări diametrul, se înlocuieşte porţiunea de conductă rugoasă, pe lungimile arătate la aliniatul de mai sus.

Conducta dreaptă şi liberă de orice surse de perturbaţie în circulaţia aburilor ca: ventile, coturi, derivaţii, racorduri de manometru, ştuţuri de termometru, schimbări de secţiuni, etc. e neapărat necesară bunei funcţionări a strangulării.

Cu ocazia controlului se va verifica lungimea conductei libere de surse de perturbaţii, înainte şi după strangulare şi se vor desfiinţa sursele de perturbaţii care se găsesc la distanţe mai mici de 15 D înainte de strangulare şi 5 D după ieşirea din strangulare *).

Dimensiunile strangulării. Diametrul d al orificiului de strangulare este indicat pe carcasa strangulării. Se va verifica acest diametru şi dacă se constată că s-a mărit cu mai mult de 0,1%, va trebui să se înlocuiască strangularea sau să se corecteze rezultatele indicaţiilor.

Corecţia medie care trebuie adusă debitului este de 0,5% pentru o lărgire a orificiului cu

*) Distanţele corecte pentru fiecare sursă de perturbaţii în parte se găsesc în diagramele din tratatele de specialitate. Distanţa de 15 D se poate considera în mod practic o distanţă medie pentru care diafragmele cu camere de priză inelare dau erori mai mici de 0,5% în cazul surselor de perturbaţii uzuale.

0,1%. Calculul exact se poate face folosind formulele și diagramele din tratatele de specialitate.

Celelalte dimensiuni ale strangulării nu se uzează, astfel că nu e cazul să fie verificate. Se va curăța strangularea de eventualele depuneri de fosfat, folosind o rașchetă de lemn tare, pentru a nu sgîria muchiile strangulării.

La *diafragme* se verifică dacă muchia de intrare (fig. 2) nu este tocită sau rotunjită. Verificarea se face privind reflexia unei raze de lumină. Raza nu trebuie să găsească în locul muchiei o dungă pe care să se poată reflecta.

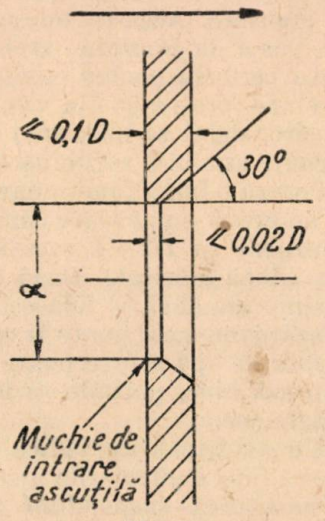


Fig. 2

Dacă muchia de intrare este tocită, se poate ascuți luînd pe strung un șpan fin de tot din fața de intrare a diafragmei. Șpanul se va lua deplasînd cuțitul de la centru spre exterior, pentru ca muchia să iasă curată (fără grat).

Deoarece grosimea unei diafragme este foarte mică, ea nu se poate rectifica prin strunjire de multe ori, de aceea nu e bine să se strunjească decît dacă tocirea muchiei este apreciabilă.

O diafragmă tocită dă o eroare de măsură pînă la 1% astfel că dacă nu am strunjit diafragma pentru a o reascuți, vom face o corecție de 1% în plus la debitul indicat de aparat, atunci cînd avem nevoie de măsurători mai precise.

Orificiile de racord nu trebuie să fie strangulate sau înfundate. Verificarea lor se face fără demontarea strangulării. Se desfac conductele de racord de la robinetii de închidere de la strangulare și se deschid robinetii pentru control și suflare.

Caracteristicile aburilor. Presiunea și temperatura sînt caracteristici ale aburilor care intră în componența constantei strangulării. Valorile lor nominale, pentru care s-a calculat constanta sînt înscrise pe aparatul de măsură.

In timpul exploatării aceste caracteristici variază, astfel că indicațiile aparatului de măsură trebuie corectate după caracteristicile reale.

Fabricile noastre au tabele de corecții pentru variația de presiune și de temperatură a aburilor și trebuie să le folosească conform instrucțiunilor înscrise pe ele.

La măsurătorile curente, corecția de presiune și de temperatură, se poate face după următoarea regulă practică :

se adaugă sau se scade, debitului indicat de aparatul de măsură, *jumătate* din creșterea sau scăderea presiunii și a temperaturii, *măsurată în procente*. Prin aceste corecții, trebuie să obținem un debit mai mare decît cel indicat, dacă presiunea măsurată este mai mare decît cea pentru care s-a etalonat aparatul sau dacă temperatura aburuiui este mai mică.

Exemplu : Un debitmetru etalonat pentru abur de 40 atm și 350°C, indică un debit de 10 t/h. Presiunea reală a aburilor este 36 atm și temperatura numai 300°C ceea ce înseamnă că avem o presiune reală cu 10% mai mică și o temperatură reală cu 15% mai scăzută decît cele înscrise pe aparat. Vom corecta debitul indicat cu 5% pentru scăderea de presiune și cu 7,5% pentru scăderea de temperatură. Corelația totală este deci :

$$7{,}5 - 5 = 2{,}5\%$$

Debitul real al aburului va fi :

$$10 \text{ t/h} + 2{,}5\% = 10{,}25 \text{ t/h}$$

Aparate de măsură. *Construcția* In fabricile noastre, debitmetrele de abur folosite sînt aparate de măsură diferențiale cu plutitor. Acestea se compun din două vase comunicante în care se află, pînă la un anumit nivel, mercur. Unul din vase este racordat la presiunea mare (+) dinainte de strangulare iar celălalt la presiunea mică (—) de după strangulare.

Diferența de presiune provoacă denivelarea mercurului. Plutitorul din unul din vase urmărește denivelarea mercurului și transmite mișcarea indexului aparatului, prin intermediul unui sistem de pîrghii și de roți dințate.

Transmiterea mișcării de la plutitorul, care e în interiorul vasului de presiune, la sistemul de pîrghii de afară se face printr-un ax trecînd printr-o bucșe de etanșare. La unele aparate bucșa de etanșare e suprimată, axul fiind din două bucăți (una în interiorul vasului și alta afară) cuplate între ele magnetic.

Funcționare. Cele două presiuni transmise de la strangulare la cele două vase comunicante ale aparatului de măsură, fac ca nivelul mercurului să coboare în vasul (+) și să se ridice în vasul (—) pînă cînd greutatea coloanei de mercur echilibrează diferența de presiune

$$P_1 - P_2 = h_{Hg} . \quad (4)$$

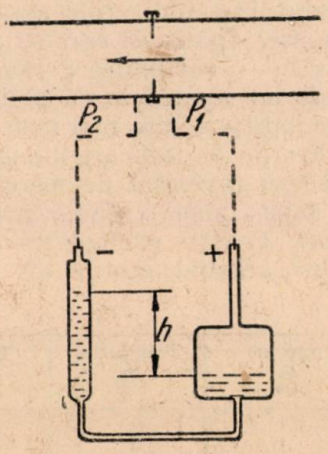


Fig. 3

Variația nivelului mercurului în vasele de presiune este proporțională cu diferența de presiune h (fig. 3).

La aparatele gradate în unități de debit, deplasarea acului indicator trebuie să fie proporțională cu rădăcina patrată a diferenței de presiune deoarece relația dintre debit și diferența de presiune este $G = B\sqrt{h}$. Din această cauză transmiterea mișcării la acul indicator se face prin intermediul unor pîrghii sau came al

căror profil determină deplasarea acului după această relație (fig. 4).

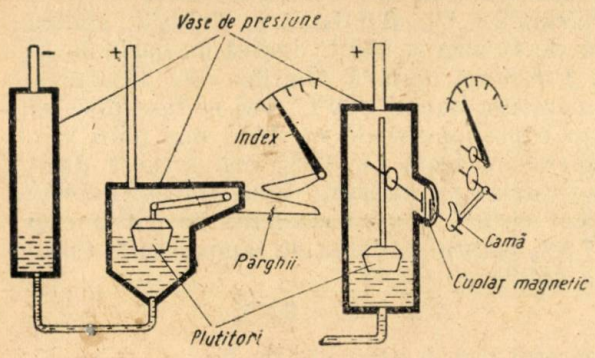


Fig. 4

La unele aparate mișcarea acului se face numai cu roți dințate, deci proporțional cu denivelarea mercurului. Aceste aparate au unul din vasele de presiune construit în formă parabolică astfel că denivelarea mercurului h se face proporțional cu $\sqrt{P_1 - P_2}$, deci proporțional cu debitul aburilor (fig. 5).

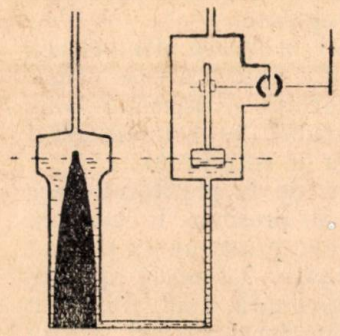


Fig. 5

Defecțiuni. Defecțiunile care se pot ivi la aparatele de măsură sînt următoarele :

Pierderea unei cantități de mercur din vasele de presiune. In acest caz nivelul mercurului este mai scăzut, atît în stare de repaus cît și în timpul funcționării, decît cel pentru care a fost etalonat aparatul și indicațiile aparatului nu mai sînt corecte. Aparatele care au plutitorul montat în vasul (+) vor indica debite mai mari decît cele reale iar aparatele cu plutitorul în vasul (—) vor indica debite mai mici.

Erorile de indicare ale aparatelor, din cauza scăderii nivelului de mercur, sînt foarte mari la debite mici și scad foarte repede spre debite mari. Pentru exemplificare, dăm mai jos un tabel arătînd erorile de măsură absolute și procentuale la un aparat gradat de la 1—10 t/h la care mercurul a scăzut cu 0,3 mm adică cu 1% din variația de nivel corespunzătoare debitului maxim.

Tabela 1

Debit real G_1 t/h	Debit indicat G_2 t/h	Diferența $G_2 - G_1$ t/h	% $\frac{G_2 - G_1}{G_1}$
0	1	1	∞
1	1,41	0,41	41
2	2,24	0,24	12
3	3,16	0,16	5,3
4	4,12	0,12	3,0
5	5,10	0,10	2,0
6	6,08	0,08	1,3
7	7,06	0,06	0,9
8	8,05	0,05	0,7
9	9,05	0,05	0,6
10	10,05	0,05	0,5

Rezultă de aici că pierderea unei cantități de mercur din aparat se va observa cînd scoatem aparatul din funcțiune, deoarece acul indicator nu mai arată 0.

Înțepenirea axului care transmite mișcarea plutitorului poate avea loc la trecerea prin bucșa de etanșare. Această bucșe prin care axul iese din vasul de presiune, trebuie să asigure etanșarea perfectă pentru condensatul din vasul de presiune (presiunea din vas este aceea a aburilor al căror debit se măsoară) și în același timp să permită axului o rotire ușoară (nefrînată).

Pentru o bună funcționare, bucșa e prevăzută cu un gresor cu unsoare consistentă, care trebuie înșurubat cu 1/2—1 rotație la fiecare 3 sau 6 luni (după fabricat). Dacă bucșa nu se gresează la timp sau dacă se folosește o unsoare necorespunzătoare, axul poate fi atacat din cauza scăpărilor de apă sau se poate uza și nu mai funcționează bine, putîndu-se înțepeni, frîna sau să capete joc.

Un ax frînat împiedică plutitorul să urmărească fidel denivelările mercurului. Defecțiunea se identifică suspendînd funcționarea aparatului. Dacă axul este înțepenit sau frînat, indexul rămîne în poziția ultimei indicații sau vine spre 0 foarte încet.

Uzarea pîrghiilor care transmit mișcarea la acul indicator poate interveni prin funcționare îndelungată și din lipsă de ungere. Din aceleași cauze se pot uza articulațiile sau roțile dințate. La aparate care indică timp îndelungat un debit aproape constant, se pot ivi uzuri locale în cîte un punct al camelor.

Aceste defecte au ca rezultat că indicațiile acului nu mai arată debitul real care a provocat denivelarea mercurului sau fac ca acul să se deplaseze în salturi cînd plutitorul se mișcă uniform.

Controlul aparatelor. Pentru controlul periodic, aparatele de măsură sînt prevăzute cu un robinet de control combinat sau cu o baterie de robinete.

Robinetul combinat are un mîner cu 3 poziții marcate *O*, *A* și *B* (fig. 6).

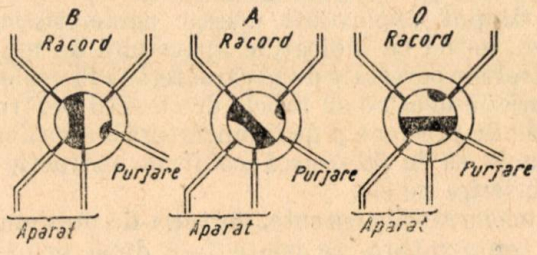


Fig. 6

In poziția *O* conductele de racord sînt legate între ele și vasele de presiune ale aparatului sînt de asemenea legate între ele și izolate de conductele de racord. Presiunea din vasele apa-

ratului se echilibrează şi acul indicator trebuie să arate *O*.

In poziţia *A*, aparatul e suspendat ca şi la poziţia *O*, dar conductele de racord comunică cu ţeava de purjare. In această poziţie se purjează racordul.

In poziţia *B*, se leagă aparatul cu conductele de racord pentru funcţionare normală.

Bateria de robinete (fig. 7) este un bloc de oţel cu 3 robinete care le leagă de o parte la conductele de racord şi de alta la aparat.

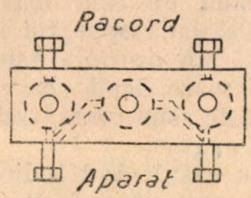


Fig. 7

Robinetele din afară leagă aparatul de măsură cu conductele de racord iar cel din mijloc leagă între ele cele două vase de presiune ale aparatului. Pentru control se deschide mai întîi robinetul din mijloc şi după aceia se închid robinetele laterale; aparatul rămîne izolat şi acul trebuie să vină la *O*.

Bateria de robinete arătate în fig. 8 are 2 robinete cu 3 căi cuplate între ele cu roţi dinţate astfel că se manevrează simultan, cu o singură manetă.

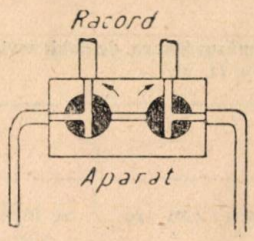


Fig. 8

Am arătat mai sus că în poziţia de control, aparatul este izolat şi indexul trebuie să vină la *O*.

Dacă indexul rămîne nemişcat la debitul pe care-l arată înainte de a izola aparatul, înseamnă că s-a înţepenit sistemul de pîrghii sau axul în bucşa de etanşare.

Se va verifica partea mecanică a aparatului.

Dacă indexul vine la *O* foarte încet, înseamnă că are frînări la partea mecanică.

Dacă indexul se opreşte la o diviziune diferită de *O* şi mişcîndu-l cu mîna revine la aceiaşi poziţie, înseamnă că mercurul din aparat nu mai e în cantitatea necesară. Aparatul trebuie verificat şi reetalonat.

Dacă acul vine foarte aproape de *O*, arătînd cel mult 5% din debitul maxim al scalei, sau dacă acul rămîne în orice poziţie îl aşezăm cu mîna, între 0 şi 5%, fără să avem impresia că are frecări mecanice, putem considera aparatul încă destul de bun pentru măsurători obişnuite industriale. In adevăr, aparatele de debit, indicînd o cifră proporţională cu rădăcina pătrată a diferenţei de presiune, dau indicaţii de mică precizie la debite sub 15% din valoarea scalei şi chiar dacă la debit *O* aparatul marchează pînă la 5%, erorile de măsură la debite normale vor fi neglijabile.

Verificarea şi reetalonarea aparatelor. Pentru verificarea şi reetalonarea aparatelor de măsură diferenţiale, trebuie să dispunem de o instalaţie care să ne permită să creăm în vasul de presiune (+), presiuni cunoscute, pînă la valoarea diferenţei maxime de presiune pentru care este construit aparatul.

Diferenţa maximă de presiune este aceea care corespunde devierii acului indicator pînă la ultima diviziune a scalei sau pînă la o marcă special făcută din fabrică, indicînd acest lucru. Această diferenţă de presiune este marcată şi pe cadranul aparatului sub forma $H = \ldots$ mm.

Aparatele mai răspîndite la fabricile noastre sînt construite pentru următoarele diferenţe de presiune:

Aparatele sovietice D P — pentru 40, 63, 100, 160, 250, 400, 630 şi 1000 mm col. mercur.

Siemens — pentru 1500, 3000 şi 6000 mm col. apă.

S & B — pentru 1600, 3200 şi 6400 mm col apă.

Klinkhoff — pentru 1000, 2000 şi 4000 mm col. apă.

Instalaţia de verificare se compune dintr-un suport pe care putem fixa aparatul, o ţeavă de sticlă lungă pe care o fixăm cu un manşon de cauciuc la vasul (+) al aparatului, un tub de sticlă scurt (circa 50 cm) care se fixează la vasul (—) şi o riglă gradată cu care se poate măsura înălţimea coloanei de apă (fig. 9).

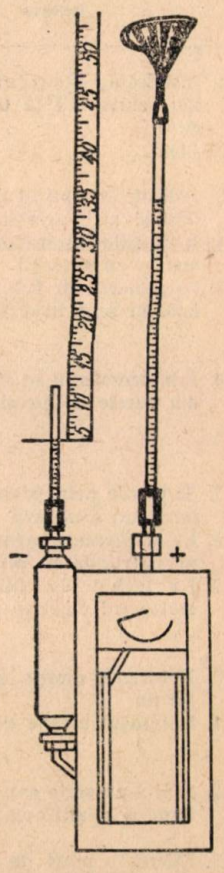


Fig. 9

Pentru verificare se fixează aparatul pe suport, perfect vertical şi cu gurile celor două vase de presiune riguros la acelaşi nivel şi se umplu cu apă vasele de presiune, pînă la gură.

Se racordează cele două tuburi de sticlă şi se toarnă în ele o cantitate mică de apă, pînă cînd observarea nivelului nu mai e împiedicată de racordurile de cauciuc şi astfel ca apa să fie la acelaşi nivel în ambele tuburi. Se toarnă apă în tubul lung de sticlă şi se măsoară diferenţa de nivel a apei din cele două tuburi cînd indexul aparatului ajunge în dreptul fiecărei diviziuni a cadranului.

Dacă aparatul este în bună stare, coloana de apă măsurată trebuie să crească proporţional cu patratul deplasării acului astfel ca la debitul maxim arătat, înălţimea coloanei de apă să fie egală cu *h*.

Exemplu: Un aparat indicator gradat pînă la $G = 10$ t/h la un h de 3000 mm col. apă. trebuie să arate (în mm col. apă):

1 t/h adică 0,1 G cu $0{,}1^2h$ sau $0{,}01 \times 3\,000 =$ 30 mm
2 t/h adică 0,2 G cu $0{,}2^2h$ sau $0{,}04 \times 3\,000 =$ 120 mm
3 t/h adică 0,3 G cu $0{,}3^2h$ sau $0{,}09 \times 3\,000 =$ 270 mm
4 t/h adică 0,4 G cu $0{,}4^2h$ sau $9{,}16 \times 3\,000 =$ 480 mm
5 t/h adică 0,5 G cu $0{,}5^2h$ sau $0{,}25 \times 3\,000 =$ 750 mm
6 t/h adică 0,6 G cu $0{,}6^2h$ sau $0{,}36 \times 3\,000 = 1\,080$ mm
7 t/h adică 0,7 G cu $0{,}7^2h$ sau $0{,}49 \times 3\,000 = 1\,470$ mm
8 t/h adică 0,8 G cu $0{,}8^2h$ sau $0{,}64 \times 3\,000 = 1\,920$ mm
9 t/h adică 0,9 G cu $0{,}9^2h$ sau $0{,}81 \times 3\,000 = 2\,430$ mm
10 t/h adică 1 G cu 1^2 sau $1{,}00 \times 3\,000 = 3\,000$ mm

Dacă coloana de apă corespunzătoare debitului maxim diferă de h cu o cantitate oarecare şi diferenţa creşte din ce în ce mai mult spre debitele mici, înseamnă că aparatul nu are cantitatea de mercur pentru care a fost etalonat. In cazul acesta se va adăuga sau scoate mercur pînă cînd indicaţiile acului corespund cu înălţimile de coloană de apă calculate.

Introducerea sau scoaterea mercurului se face de preferinţă, cu aparatul la presiunea coloanei de apă corespunzătoare unui debit de 20—30% din debitul maxim, deoarece în această regiune sensibilitatea aparatului este cea mai favorabilă.

Introducerea mercurului se face picătură cu picătură cu ajutorul unei pîlnii *de fier sau de sticlă*, în unul din vasele de presiune.

Scoaterea mercurului se face prin dopul de sub unul din vasele de presiune.

Trebuie adăugat mercur, dacă aparatul cu plutitorul în vasul (+) arată un anumit debit cu o coloană de apă mai mică decît cea calculată şi dacă aparatul cu plutitorul în vasul (—) arată un anumit debit cu o coloană de apă mai mare decît cea calculată. Cînd indicaţiile sînt de sens opus, trebuie să se scoată mercur din aparat.

In cazul cînd indicaţiile aparatului cresc în altă proporţie decît cea arătată mai sus, înseamnă că sînt uzuri sau defectări la sistemul de pîrghii care transmit mişcarea de la plutitor la index. In acest caz trebuie să se repare sistemul de pîrghii. Dacă nu putem face în bune condiţii această reparaţie şi dacă diferenţele rămase nu sînt mari, se poate etalona apa-

Tabela 1

Cauzele şi mijloacele de remediere a defecţiunilor la aparatele măsurătoare de debit sovietice (după A. A. Smirnov)
Aparate diferenţiale tip D. P.

Defectul	Cauza	Mijlocul de îndreptare
1. Instalaţia e conectată dar indexul sau peniţa stă la 0 sau aproape de 0	Ventilul de purjare e deschis sau are scăpări	Se închide sau se repară ventilul de purjare
2. Idem	Ventilele de la aparat sau de la diafragmă sînt închise	Se deschid ventilele
3. Indicaţiile aparatului sînt mai mici şi au variaţii	Neetanşeitate la conducta de racord +	Se caută locul defect şi se repară.
4. Indicaţiile aparatului sînt mai mari şi cu variaţii	Neetanşeitate la conducta —	Ca la pct. 3
5. La punerea în funcţiune indexul bate în sens invers	Racordurile + şi — sînt inversate	Ventilul de la intrarea aburului în diafragmă trebuie legat la vasul + iar cel de la ieşire la vasul — al aparatului
6. Prin presetupă se strecoară lichid din vasele de presiune	S-a pierdut o cantitate de lichid de deasupra mercurului, prin neetanşeitatea presetupei prin care trece axul de transmitere a mişcării plutitorului	Se completează lichidul de umplere. (La aparatele la care fluidul de măsurat este izolat de mercur printr-un lichid neutru)
7. Se pierde prin presetupa ventilelor lichid sau gaze	Neetanşeitate la presetupa ventilelor	Se strînge presetupa ventilelor
8. La umplerea aparatului mercurul nu pătrunde în aparat	Ventilul de siguranţă din vasul cu plutitor este gripat	Se face în vas o presiune de 200—400 mm
9. La închiderea întrerupătorului, motoraşul electric nu porneşte	a) Legături greşite b) Rotorul blocat c) Bobinajul ars	a) Se controlează circuitul şi legăturile b) Se deblochează rotorul c) Se înlocueşte motorul
10. Motoraşul merge însă integratorul nu	Bucşa de fixare a pinionului pe ax slabă	Se strînge bucşa
11. Motoraşul merge dar hîrtia stă	a) Buşa pinionului conducător slăbită b) Hîrtia fixată prost	a) Se strînge bucşa b) Se pune hîrtia astfel ca să intre în cele 4 ştifturi
12. Peniţa nu scrie sau linia e discontinuă şi neuniformă	a) Canalul peniţei este înfundat b) Peniţa apasă prea slab pe hîrtie	a) Se curăţă cu acul special şi cu spirt b) Se arcuieşte uşor pîrghia peniţei
13. Diferenţe mari de indicaţii între mersul înainte şi înapoi al peniţei	a) Peniţa freacă prea tare pe hîrtie b) Frecare prea mare la articulaţii	a) Se corectează îndoirea pîrghiei suport b) Se demontează şi se curăţă pîrghiile şi articulaţiile şi se ung cu ulei de oase
14. Hîrtia se agaţă pe margini şi se şifonează	Hîrtia tălată neregulat sau gaura excentrică	Se schimbă hîrtia de diagramă

ratul, prin adăugare sau scoatere de mercur, sau prin deplasarea sistemului de pîrghii cu ajutorul şuruburilor de reglaj, astfel ca să deplasăm erorile minime în regiunea indicaţiilor la care aparatul funcţionează cel mai mult, astfel ca media indicaţiilor să fie cît mai corectă.

Aparatul etalonat se va manevra cu cea mai mare grije, deoarece prin zdruncinare se pot cauza deformări ale tijelor sau articulaţiilor, care să-l deranjeze din nou. Aparatele prevăzute cu sisteme de blocaj pentru transport, se vor muta de la un loc la altul numai cu blocajele puse.

Cînd se montează aparatul la locul său, se va verifica cu multă atenţie ca vasele de presiune să fie pline cu apă şi ca aparatul să fie pus la cumpănă.

Umplerea vaselor de presiune se face numai cu apă distilată (condensat) sau cu apă bine fiartă, pentru a evita depuneri de piatră în interior.

Observaţii suplimentare. Cînd nu dispunem de spaţiu suficient pentru a instala un tub de sticlă prea lung la staţia de etalonare, în special pentru aparate cu h de 6000 sau 6400 mm, se poate face o etalonare numai pînă la 60% din debitul maxim, deoarece la debite mai mari erorile devin foarte mici. In cazul acesta este suficient un tub de sticlă de 2,5 m care se poate instala în orice încăpere.

In tabela care arată corespondenţa dintre indicaţiile de debit şi înălţimea coloanei de apă, s-a trecut indicaţia 0,1 G numai cu titlu informativ. Practic, nu se poate face verificarea acestui punct, deoarece este situat în zona în care aparatul nu dă indicaţii precise şi de cele mai multe ori acest debit nici nu figurează pe scala aparatului.

Aparatul de măsură dă indicaţii falşe dacă are aer sau vapori în vasele de presiune. Aerul poate rămîne în aparat cînd s-a umplut cu apă prima dată, la instalare sau după o reparaţie. Pentru ca să nu rămînă aer în aparat, trebuie avut grije ca în timpul umplerii lui cu apă şi cu mercur, să se bată cu un ciocan de lemn în vasele de presiune, pînă cînd nu mai ies bule din apă.

Racorduri. Racordul dintre strangulare şi aparatul de măsură se compune, după cum am văzut mai sus, din :

ventilele de închidere de la prizele de abur ale strangulării,

rezervoarele de condensat,

conductele de racord,

robinetul combinat sau bateria de robinete de control,

ventilele de purjare (cînd nu e montat un robinet combinat de control şi purjare).

Verificarea racordului se face purjînd pe rînd fiecare conductă în parte. Dacă una din ele e înfundată, aceasta se observă imediat.

Se verifică, cu instalaţia în funcţiune, dacă nu sînt scăpări de abur sau condensat pe tot traseul racordului.

Se verifică de asemenea dacă conductele racordului nu au contrapante care ar permite acumulare de aer sau vapori.

In cazul cînd aparatul de măsură este montat mai sus decît conducta de abur, racordurile trebuie prevăzute cu vase de desaerisire, aşezate în punctele cele mai înalte. Acestea se vor desaerisi din cînd în cînd.

Rezervoarele de condensat de la ieşirea din strangulare, trebuie să fie verificate dacă sînt riguros la acelaşi nivel. O diferenţă de nivel între aceste două rezervoare dă erori de măsură.

Pentru instalaţiile făcute cu debitmetre diferenţiale sovietice s-a dat în cuprinsul articolului o tabelă arătînd cauzele şi modul de remediere a defecţiunilor principale, după A. A. Smirnov.

Bibliografie

Nichitin A. V. : Instrumente de control şi măsurare în prelucrarea ţiţeiului. Ed. Tehnică, 1952.

Smirnov A. A. : Repararea instalaţiilor de măsură şi control, termotehnice. Gostoptehnizdat, 1952.

Ştefănescu S. : Indrumător practic pentru măsurarea debitelor. I.D.T., 1953.

★

ПРОВЕРКА РАСХОДОМЕРОВ ПАРА

Резюме

При некоторых технологических процессах в промышленности и на электростанциях применяются большие количества жидкостей и газов, циркулирующих по трубам: вода (пар), хлор (жидкий или газообразный), сернистый ангидрид, кислые бисульфитные растворы и т. д.

Для рационального управления производственными процессами и для снижения удельных расходов этих воспомогательных материалов, необходимо определять применяемые расходы. В практике, измерение расходов жидкостей и газов производится в зависимости от перепада давлений произведенном посредством некоторых дросселирующих устройств, в циркуляционных трубах. Все большее применение этих методов измерения расходов, вменяет в обязанность ИТР освоить основные знания о работе, проверке и градуировании этих приборов.

DESPRE IMPORTANŢA ENERGETICĂ ŞI CALCULUL EJECŢIEI IN BIEFUL AVAL AL UZINELOR HIDROELECTRICE SUBMERSIBILE

Ing. V. COZELCIUC

Articolul tratează principiile teoretice ale fenomenului de ejecţie şi diverse scheme cu UHE la care se foloseşte ejecţia. Se dă metoda de calcul concret a ejecţiei prin deversare superficială, bazată pe cele mai recente realizări obţinute în acest domeniu de oameni de ştiinţă sovietici.

I. Fenomenul de ejecţie şi efectele sale

Creşterea nivelului din bieful aval al uzinelor hidroelectrice în perioada de ape mari, produce o micşorare a căderii utile H. Micşorarea căderii în raport cu căderea corespunzătoare regimului de funcţionare optim reduce la rîndul său debitul turbinei Q şi randamentul său η. La uzinele cu

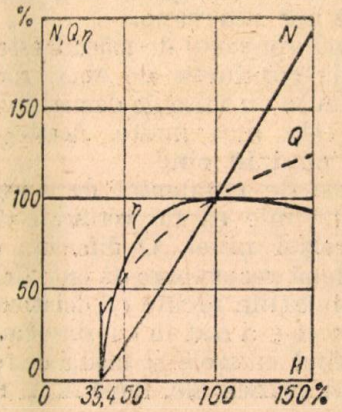


Fig. 1 Variaţia puterii debitului şi a randamentului turbinei în funcţie de cădere.

căderea mică şi mijlocie puterea poate să scadă pînă la zero pentru o micşorare a căderii centralei la circa 30% din valoarea normală. Pentru a ilustra acest lucru s-a prezentat în fig. 1, o diagramă de variaţie a puterii, debitului şi randamentului turbinei în funcţie de cădere.

Restabilirea parţială a căderii şi deci a puterii uzinei este posibilă prin reducerea presiunii din bieful aval al uzinei cu ajutorul ejecţiei. Acest lucru se realizează prin evacuarea unei părţi din debitele descărcate (în perioada de ape mari) prin blocurile deversoare ale clădirii centralei sau prin imediata apropiere a acestora.

În tehnică se înţelege prin noţiunea de ejecţie procesul de influenţă reciprocă între doi curenţi, dintre care unul este curentul activ (de antrenare), iar celălalt curentul ejectat adică curentul aspirat. În legătură cu uzinele hidroelectrice, acest termen poate fi folosit în toate cazurile cînd debitul descărcat crează o micşorare suplimentară a presiunii din aspirator, aspirînd debitul uzinat de turbină prin fenomenul de ejecţie. Micşorarea presiunii din aspirator faţă de presiunea care există fără ejecţie şi deci creşterea căderii utile a turbinei, se măsoară (la un debit constant consumat de turbină) prin diferenţa presiunilor piezometrice din aspirator, cu şi fără ejecţie (fig. 2).

Ideea folosirii ejecţiei la UHE nu este nouă. Primele experienţe în legătură cu această problemă datează încă din 1905. Cu toate că ejecţia s-a folosit la o serie de instalaţii hidroenergetice, ea nu a căpătat încă răspîndirea necesară. Acest lucru se explică prin faptul că efectul economic şi energetic obţinut la instalaţiile executate anterior a fost relativ neînsemnat. Cu toate acestea, folosirea tehnică corectă a ejecţiei poate da rezultate energetice importante. Există numeroase exemple în această privinţă, cînd prin folosirea ejecţiei se poate mări producţia de energie în anul mediu cu cîteva procente (ceea ce reprezintă pentru o uzină fluvială mare un spor de energie de ordinul a cîtorva zeci sau chiar sute de milioane kWh/an). De exemplu, pentru una din UHE mari şi o viitură cu frecvenţa de 1 :100 ani, puterea care scăzuse la 73% din puterea instalată a crescut datorită ejecţiei pînă la 87% (cu 14%), iar în cazul unei viituri cu frecvenţa de 1 : 1 000 ani, puterea a crescut de la 50% pînă la 72% (cu 22%).

Utilizarea eficace a ejecţiei necesită soluţii corecte în proiectare. Totodată, studiul ştiinţific al problemei utilizării ejecţiei arată că

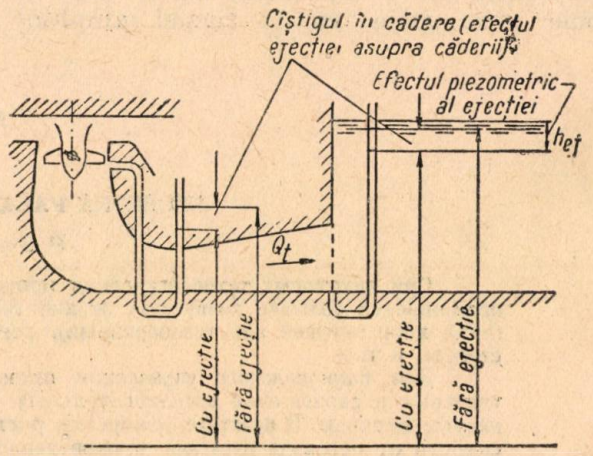


Fig. 2 Creşterea căderii utile datorită ejecţiei.

hidroenergetica nu a folosit încă nici pedeparte posibilităţile mari care există în această privinţă.

II. Scheme hidraulice de UHE cu ejecţie

Se deosebesc două scheme principale de ejecţie (fig. 3) : ejecţia directă în bieful aval al UHE şi ejecţia în aspiratorul turbinei.

In cazul ejecţiei în bieful aval, curentul din bieful amonte se descarcă ocolind aspiratoarele turbinei, iar efectul de ejecţie, asupra debitului uzinat, de turbine, se produce înafara aspiratorului.

În cazul ejecţiei după o astfel de schemă, decărcarea debitelor se poate face prin deversoare (ejecţie prin deversare superficială) sau prin goliri de fund (ejecţie prin deversare sub presiune).

În cazul ejecţiei în aspirator, curentul de apă intră în aspirator ocolind turbina, iar acţiunea reciprocă a curenţilor se produce chiar în aspirator.

În cazul ejecţiei prin deversare superficială, curentul poate fi descărcat în bieful aval pe deasupra aspiratorului (fig. 3, *a-d*), sau lateral

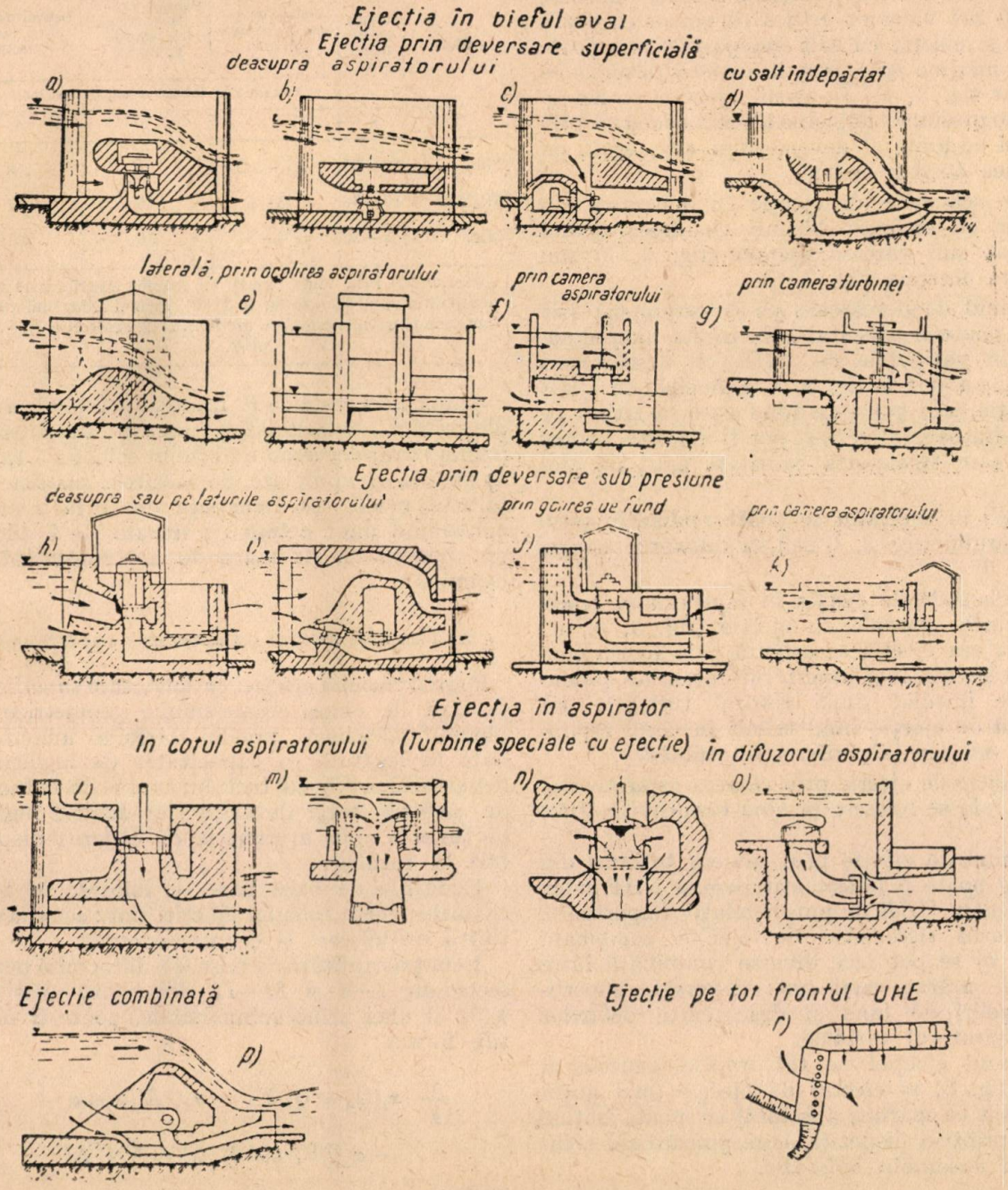


Fig. 3 Scheme hidraulice de UHE cu ejecţie.

(fig. 3, *e*). In cazul ejecţiei prin deversare sub presiune întîlnim şi scheme cu descărcarea apelor de viitură pe sub aspirator, adică prin golirea de fund (fig. 3, *j*).

În schemele existente de ejecţie prin deversare superficială ocupă un loc important ejecţia cu salt îndepărtat (Fig. 3, *d*) în care amestecul

curenţilor se face în condiţiile saltului îndepărtat, adică la adîncimi mai mici decît adîncimea critică.

După cum se va vedea mai jos metoda de calcul a ejecţiei depinde de faptul dacă adîncimea lamei deversante în dreptul secţiunii de ieşire din aspirator se determină prin calcul sau este dată ca o mărime constantă. În cazul ejecţiei prin deversare superficială această adîncime poate fi sub valoarea critică (deversor cu profil practic şi ejecţia cu salt îndepărtat) sau poate avea o mărime apropiată de aceasta (deversor cu prag lat fig. 3, *b*). În cazul ejecţiei cu deversare sub presiune, adîncimea vînei evacuate prin orificiul de ieşire al deversorului este egală cu înălţimea acestui orificiu.

Între schemele de ejecţie cu deversare sub presiune se întîlnesc blocuri cu descărcătorul amplasat sub carcasa spirală (fig. 3, *h*) sau deasupra acesteia (fig. 3, *i*).

Sistemul de descărcare pe deasupra carcasei spirale poate fi executat sub forma unui sifon. Una din variantele de UHE cu descărcători în sifon s-a dat în fig. 3, *i*. Schemele de UHE cu ejecţia prin goliri de fund care să treacă pe sub aspiratoare (fig. 3, *j*) pot fi folosite pentru rîurile care transportă cantităţi mari de aluviuni.

Ejecţia în aspirator se poate realiza în cotul aspiratorului (fig. 3, *l*) sau în difuzorul acesuia (fig. 3, *0*).

La schemele de ejecţie în aspirator se referă şi turbinele speciale cu ejecţie (fig. 3, *m*, *n*); în acest caz ejecţia se asigură prin forma constructivă a turbinei, amestecul curenţilor producîndu-se imediat după rotorul turbinei, iar curentul de ejecţie fiind trimis în cotul aspiratorului (*m*) sau la periferia rotorului (*n*).

Schemele de ejecţie prin camera aspiratorului (fig. 3, *f*, *k*) se folosesc în mod exculsiv la UHE mici.

Sistemul de ejecţie prin camera turbinei din fig. 3, *g* poate fi folosit atît pentru UHE mici, cît şi pentru UHE de puteri relativ importante.

În cazul sistemelor de ejecţie combinată (fig. 3, *p*) se pot face diverse combinaţii între schemele arătate mai sus: deversare superficială, goliri de fund şi descărcarea debitelor prin aspiratorul turbinei.

În cazul ejecţiei pe tot frontul deversor al UHE (fig. 3, *r*) efectul de ejecţie (mai puţin important ca mărime absolută) se poate obţine numai printr-o dispoziţie corespunzătoare a întregului ansamblu hidraulic.

III. Metoda de calcul a ejecţiei

Scopul final al calculului ejecţiei constă în determinarea efectului ejcţiei asupra puterii şi producţiei de energie a uzinei hidroelectrice.

În fiecare caz concret, calculele de ejecţie se fac pe baza rezultatelor obţinute din calculele hidroenergetice. Pentru orientare, debitele de calcul pot fi alese pe baza tabelei 1 în care se dau valorile medii obţinute de dr. P. P. Laupman pentru o serie de rîuri de şes din zona europeană a U.R.S.S.

a) *Debite caracteristice pentru funcţionarea uzinelor baraj deversoare*

Tabela 1

Rîuri	Variaţia căderii uzinei (*m*)	Debite de la care se foloseşte ejecţia	Debitele maxime ale viiturii cu frecvenţa de 1 : 100 ani	Debitul caracteristic pentru ejecţie
		raportate la debitul mediu pe mai mulţi ani		
1	2	3	4	5
Mari . .	12—35	2,5—3,5	8	5
Mijlocii .	10—30	3—5	15	8
Mici . .	7—25	4—8	30	12

Observaţie. Prin rîuri mari se înţeleg rîurile care au: debitul modul de ordinul a 3 000 m³/s şi chiar mai mult, iar prin rîuri mici cele care au debitul de ordinul a 70—400 m³/s.

După cum arată P. P. Laupman debitele medii ale rîului, caracteristice pentru funcţionarea uzinei baraj deversoare (date în coloana 5 tabela 1) au valori apropiate de debitele maxime ale viiturii medii, cu frecvenţa de 1 la 2 ani şi corespund unor debite cu durata de 7 zile pe an, pentru un şir mare de ani consideraţi în calcule.

b) *Calculul ejecţiei cu deversare superficială*

Pentru calculul ejecţiei cu deversare superficială se dau de obicei dimensiunile geometrice ale blocului deversor, nivelul biefului amonte şi date în legătură cu capacitatea de înghiţire a deversorului. Nivelul biefului aval se dă în funcţie de debitul total deversat, iar debitul înghiţit de turbine se dă în funcţie de căderea disponibilă la turbină.

Ecuaţiile de bază care se folosesc în toate cazurile pentru calculul ejecţiei sînt: ecuaţia cantităţii de mişcare şi ecuaţia energiei.

Ecuaţia cantităţii de mişcare, întocmită pentru secţiunile *I—I* şi *II—II* din bieful aval (fig. 4, 5) al unei uzine submersibile, poate fi scrisă sub forma:

$$\frac{\gamma}{g}(\alpha_1(Q_d + Q_t)V_2 - \alpha_2 Q_d V_1 \cos\alpha - \alpha_3 Q_t V_t \cos\theta)\,\Delta t = \sum P\,\Delta t \qquad (1)$$

unde:

Q_d şi Q_t sînt debitul deversat şi debitul turbinei;

V_1 V_2 şi V_t — vitezele din secţiunile *I* şi *II* şi din secţiunea de ieşire din aspirator;

α, θ — unghiuri formate de direcţia vitezelor medii cu axa orizontală;

α_1, α_2 şi α_3 — coeficienţi care ţin seama de distribuţia neuniformă a vitezelor;

γ. g şi Δt — greutatea volumetrică, acceleraţia forţei de gravitaţie şi intervalul de timp considerat în calcule.

Partea stîngă a ecuaţiei exprimă creşterea cantităţii de mişcare a masei de apă cuprinsă între secţiunile $I-I$ şi $II-II$, iar partea dreaptă —suma forţelor de impuls aplicate masei de lichid considerate.

Ecuaţia energiei se foloseşte sub forma ecuaţiei lui Bernoulli şi se întocmeşte pentru secţiunile $0-0$ din bieful amonte şi $I-I$ din bieful aval.

Calculul ejecţiei prin deversare superficială se bazează pe următoarele ipoteze:

1. In cazul regimului de suprafaţă cu salt neînecat distribuţia presiunilor din lama deversantă, în dreptul muchiei ciocului deversor, se face după o lege liniară, conform căreia presiunea variază de la zero la suprafaţă—pînă la γh_0 sub lama deversantă.

2. În cazul regimurilor de fund, independent de mărimea presiunii sub lama deversantă epura presiunilor din secţiunea $I-I$, care are forma unui segment de parabolă, se consideră ca un triunghi avînd drept bază adîncimea lamei deversante h_1, iar înălţimea egală cu $^1/_2\ h_1$.

3. În cazul deversorului neînecat cu prag lat presiunea pe deversor (în punctul în care se stabileşte o adîncime apropiată de cea critică) se distribuie după legea hidrostatică $p \approx \gamma h$ şi nu depinde de nivelul biefului aval.

4. În secţiunea $I-I$ presiunea din zona de sub lama deversantă se distribuie după legea hidrostatică.

5. În zonele cu vîrtejuri, presiunea pe partea frontală a pilelor se determină pe baza presiunii piezometrice sub lama deversantă în planul muchiei ciocului deversorului şi se dustribuie de asemenea după legea hidrostatică. În cazul ejecţiei laterale, prin ocolirea aspiratorului nivelul suprafeţei libere şi presiunea din secţiunea de calcul $I-I$ a deschiderii medii între două pile se determină în funcţie de mărimea presiunii piezometrice sub lama deversantă din deschiderile învecinate.

6. Caracterul epurei presiunilor pe pragul înclinat al disipatorului *) de energie depinde de felul regimului din bieful aval, şi de locul de cădere al vînei pe disipator şi se adoptă în calcule după schema lui S. M. Slisski, din fig. 4.

7. In secţiunile de calcul, energia cinetică şi cantitatea de mişcare a curentului pot fi calculate suficient de exact pe baza vitezei medii a curentului, adică coeficienţii de corecţie α_i pot fi consideraţi egali cu unitatea.

8. Frecarea pe fundul albiei, de-a lungul sectorului de calcul din bieful aval, se consideră neglijabilă.

*) Disipator—noua denumire propusă de Academia R.P.R. pentru înlocuirea expresiei improprii „distrugător" de energie.

Pentru determinarea adîncimii h_1 a lamei deversante pe ciocul deversorului s-a plecat de la ecuaţia energiei scrisă sub forma:

$$V_{sup} = \varphi_{sup}\sqrt{2g(T_0' - h_1)}$$

şi

$$V_{fund} = \varphi_{fund}\sqrt{2g\,(T_0' - h_0)}, \qquad (2)$$

numai pentru vînele de suprafaţă şi de fund. Intrucît

$$V_m = \frac{V_{sup} + V_{fund}}{2}$$

sau

$$\frac{q_d}{h_1} = \frac{V_{sup} + V_{fund}}{2},$$

unde: q_d este debitul specific de deversor, s-a ajuns la expresia:

$$\frac{q_d}{\sqrt{g}} = \frac{h_1\sqrt{2}}{2}\left(\sqrt{T_0' - h_1} + \varphi\sqrt{T_0' - h_0}\right) \qquad (3)$$

considerînd $\varphi_{sup} = 1$ şi $\varphi_{fund} = \varphi$ **).

Pentru nomografierea ecuaţiei (3) expresia acesteia se aduce la o formă adimensională, folosind cunoscuta formulă a adîncimii critice.

Astfel:

$$\frac{q_d}{\sqrt{g}} = \sqrt{\frac{q_d^2}{g}} = \sqrt{h_{cr}^3} = h_{cr} \cdot h_{cr}^{1/2}$$

Obţinem din ecuaţia (3) după o serie de transformări simple

$$l = \frac{\xi_1\sqrt{2}}{2}\left(\sqrt{\theta - \xi_1} + \varphi\sqrt{\theta - \xi_0}\right) \qquad (3')$$

unde:

$$\xi_1 = \frac{h_1 l}{h_{cr}}; \quad \xi_0 = \frac{h_0}{h_{cr}}; \quad \theta = \frac{T_0'}{h_{cr}};$$

$$h_{cr} = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}.$$

Nomograma formulei (3') s-a dat în pag. 276.

Pentru a stabili relaţia dintre presiunea la baza lamei deversante (h_0) şi adîncimea din bieful aval (h_2) s-a plecat de la ecuaţia (1) în care s-au introdus notaţiile:

$$q_d = \frac{Q_d}{b}; \quad q_t = \frac{Q_t}{b_t}; \quad q_2 = \frac{Q_d + Q_t}{B};$$

$$\beta = \frac{b}{B}; \quad \beta' = \frac{b_t}{B}.$$

$$K = \frac{Q_d}{Q_d + Q_t} = \beta\frac{q_d}{q_2}; \quad \frac{q_2}{q_d} = \frac{\beta}{K};$$

$$\frac{q_t}{q_d} = \frac{1-K}{K} \cdot \frac{\beta}{\beta'}.$$

**) Conform experienţelor efectuate de Basin $\varphi_{sup} = 0{,}996$ deci foarte apropiat de unitate.

unde mărimile:

Q_d, Q_t, b, b_t, B sînt indicate în fig. 7;

q_d, q_t, q_2 — debite specifice corespunzătoare indicilor:

d — deversor;

t — turbină sau aspirator;

2 — secţiunea $II-II$ din bieful aval.

In acest mod s-a obţinut expresia:

$$-\frac{B}{2}A=\left(a h_0+\frac{a^2}{2}\right)b+\frac{h_1^2}{4}\cdot b+$$

$$+\frac{(a+h_0^2)}{2}(B-b)-\frac{a+h_0+h_2-e}{2}d\cdot B-$$

$$-\frac{(h_2-e)^2}{2}B \qquad (5)$$

unde:

$$A=\beta q_d^2 M \qquad (6)$$

$$M=\frac{2}{g}\left(\frac{(1-h)^2}{K^2 h_t}\cdot\frac{\beta}{\beta'}-\frac{\beta}{k^2 h_2}+\frac{\cos\alpha}{h_1}\right) \qquad (7)$$

în care:

a este distanţa între ciocul deversorului şi fundul porţiunii coborîte a disipatorului (pentru notaţii vezi fig. 7);

b — lăţimea unei deschideri;

d — înălţimea pragului înclinat al disipatorului;

e — supraînălţarea porţiunii ridicate a disipatorului faţă de postradier;

B — lăţimea biefului aval;

h_0 — presiunea piezometrică a apei pe ciocul deversorului (considerată în sus- pozitivă, iar în jos — negativă).

h_1 — adîncimea apei pe ciocul deversorului;

h_2 — adîncimea apei din bieful aval.

Pentru uşurinţa calculelor în fig. 13 s-a dat nomograma lui Slisski pentru determinarea valorilor lui M în funcţie de $\frac{h_2}{\beta}$ şi h_1.

În mod concret calculul se poate efectua cu una din formulele de mai jos, care s-au stabilit în funcţie de adîncimea biefului aval h_2 [formulele (8), (9), (10)] sau în funcţie de presiunea piezometrică la gura aspiratorului h_0 [formulele (8a—c), (9a—c), (10a—c)], rezolvînd ecuaţia (5) în raport cu h_2 sau respectiv h_0.

În cazul căderii vînei pe pragul înclinat al disipatorului de energie (fig. 4, *b*) vom avea relaţia (8):

$$h_2=\frac{d-2e}{2}+$$

$$+\sqrt{\left(\frac{d-2e}{2}\right)^2+a^2-e^2+(e-a)d+(2a-d)h_0+A+R}.$$

Dacă pragul înclinat se găseşte la o distanţă mare faţă de blocul deversor, în afara zonei de acţiune a lamei deversante şi în afara ruloului de fund (fig. 4, *c*) vom avea:

$$h_2=-(d-e)+\sqrt{a^2+2a h_0+A+R}. \qquad (9)$$

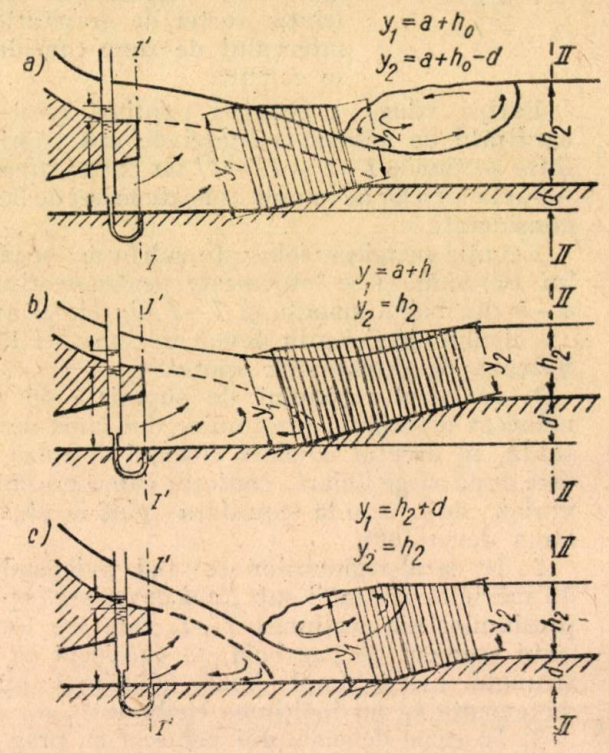


Fig. 4 Diagramele presiunilor pe pragul înclinat al disipatorului de energie:

a) — pragul înclinat în zona rolului de fund; *b)* — pragul înclinat în zona acţiunii dinamice a lamei deversante; *c)* — pragul înclinat situat la o distanţă mare faţă de construcţie.

In cazul cînd pragul înclinat se găseşte în zona ruloului de fund (fig. 4-*a*) rezultă:

$$h_2=e+\sqrt{(a-d)^2+2(a-d)h_0+A+R}.$$

Valorile lui R se dau în tabela 2:

Tabela 2

Tipul blocului deversor	Regimul	Accesul aerului sub vîna de apă	Expresia termenului R, care depinde de regimul din bieful aval
Obişnuit	de fund	nu se asigură	$(1-\beta)h_0^2+\frac{\beta h_1^2}{2}$
		se asigură	$h_0^2+\frac{\beta\cdot h_1^2}{2}$
	de suprafaţă, neînnecat	nu este posibilă formarea unei saltele de aer sub vîna de apă	$(1-\beta)h_0^2+\beta h_1 h_0$
Cu prag lat	de fund sau de suprafaţă	nu se asigură	$(1-\beta)h_0^2+\beta h_1^2$
	de fund	se asigură	$h_0^2+\beta h_1^2$

În cazul cînd $d=0$ şi $e=0$ obţinem din (9) sau (10)

$$h_2=\sqrt{a^2+2a h_0+A+R}. \qquad (10')$$

Dacă vom efectua calculului în funcţie de presiunea piezometrică h_0 pe ciocul deversorului în secţiunea din dreptul aspiratorului, vom obţine analog cazului precedent, următoarele trei formule pentru regimul de suprafaţă :

$$h_0 = \frac{(a-e)\,d - a^2 + dh_2 + (h_2-e)^2 - A}{2a - d + h_1} \qquad (8a)$$

$$h_0 = \frac{(h_2 + d - e)^2 - a^2 - A}{2a + h_1} \qquad (9a)$$

$$h_0 = \frac{(h_2 - e)^2 - (a-d)^2 - A}{2a - 2d + h_1}. \qquad (10a)$$

In cazul regimului de fund, fără pătrunderea aerului sub vîna de apă, obţinem :

$$h_0 = \frac{-(2a-d) + \sqrt{(2a-d)^2 - 4(1-\beta)\left[a^2 - (a-e)\,d - dh_2 + \frac{\beta h_1^2}{2} - (h_2-e)^2 + A\right]}}{2(1-\beta)} \qquad (8b)$$

$$h_0 = \frac{-a + \sqrt{a^2 - (1-\beta)\left[a^2 + \frac{\beta h_1^2}{2} - (h_2 - e + d^2) + A\right]}}{1-\beta} \qquad (9b)$$

$$h_0 = \frac{-(a-d) + \sqrt{(a+d)^2 - (1-\beta)\left[(a-d)^2 + \frac{\beta h_1^2}{2} - (h_2 - e) + A\right]}}{1-\beta}. \qquad (10b)$$

În sfîrşit rezultă pentru regimul de fund, cu accesul liber al aerului sub vîna de apă :

$$h_0 = -\frac{2a-d}{2} + \sqrt{\frac{(2a-d)^2}{2} - a^2 + (a-e)\,d + dh_2 - \frac{\beta h_1^2}{2} + (h_2-e)^2 - A} \qquad (8c)$$

$$h_0 = -a + \sqrt{(h_2 + d - e)^2 - \frac{\beta h_1^2}{2} - A} \qquad (9c)$$

$$h_0 = -(a-d) + \sqrt{(h_2 - e)^2 - \frac{\beta h_1^2}{2} - A} \qquad (10c)$$

Din practică rezultă că prima metodă de calcul (în funcţie de adîncimea biefului aval h_2) este mai comodă pentru stabilirea caracteristicii de ejecţie, sub forma unei familii de curbe care să exprime (pentru diverse debite) relaţia dintre efectul de ejecţie şi cota suprafeţei libere din bieful aval, adică :

$$h_{ej} = f(\nabla B_{av}) \quad \text{sau} \quad \Delta H = f(\nabla B_{av})$$

unde :

∇B_{av} este cota suprafeţei libere a biefului aval ;

h_{ej} — efectul piezometric al ejecţiei (fig.5);

ΔH — efectul ejecţiei asupra căderii, ţinînd seama de corecţia pentru mărimea căderii nerecuperate ;

$$(\Delta H = h_{ej} - \Delta h).$$

Cea de a doua metodă de calcul (în funcţie de presiunea piezometrică h_0) este potrivită pentru calculul ejecţiei pentru nivele (adîncimi) date în bieful aval, însă şi ea poate fi folosită pentru stabilirea caracteristicilor de ejecţie.

Să ne oprim în primul rînd asupra calculului ejecţiei cu ajutorul formulelor (8), (9) şi (10), care determină adîncimea biefului aval h_2 la o anumită distanţă de blocul deversor. Calculul se conduce pentru o anumită valoare a debitului descărcat, păstrînd ordinea de calcul indicată mai jos şi pentru alte valori ale debitului descărcat. Se recomandă următoarea succesiune în calcule :

1. Construim în coordonatele caracteristicii de ejecţie ∇B_{av} şi h_{ej}, pe baza formulei (12

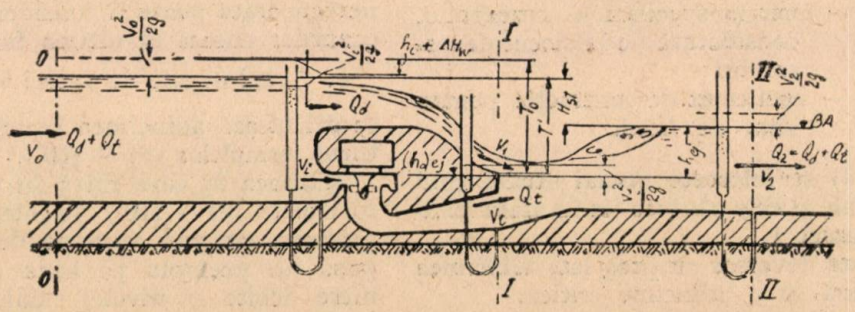


Fig. 5 Schema hidraulică a unei uzine baraj deversoare.

curba care determină primul regim critic şi caracteristicile de separaţie în domeniul regimurilor de suprafaţă sau de fund,

$$\nabla B_{av} = \nabla\,(\text{cioc}) + \Delta h_2 \qquad (11)$$

unde :

$$\Delta h_2 = K_T\, h_{ej}^2 \qquad (12)$$

Reamintim că această formulă experimentală este valabilă cînd debitul turbinei constituie aproximativ 0,6 din debitul descărcat. Cînd debitul turbinei creşte ,linia primului regim critic coboară la cote inferioare. În cazul micşorării debitului descărcat linia primului regim

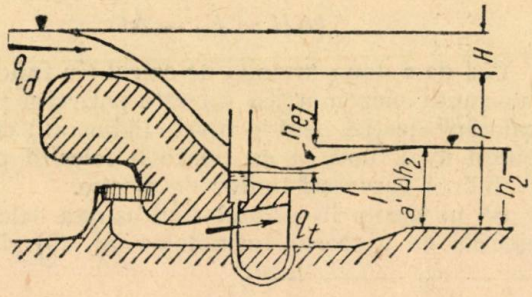


Fig 6 a

critic se va deplasa spre cote mai ridicate şi pentru un debit de ordinul a 0,3 din debitul descărcat (sau chiar mai puţin) trebuie să folosim în locul formulei (12) formula (13) :

$$h_2 = K\, h_{ej}^2 \text{ (m)}. \qquad (13)$$

Coeficienţii K şi K_1 se determină cu ajutorul diagramelor din fig. 6 b *).

2. Se dau cîteva valori pentru h_0 şi apoi se calculează pentru aceste valori adîncimea necunoscută h_1 a lamei deversante pe ciocul deversorului, care intră în formulele (8), (9), (10). Calculînd apoi căderea la turbină, se determină debitul acesteia.

Adîncimea h_1 a lamei deversante pe ciocul deversorului se determină cu ajutorul nomogramei sau cu ajutorul formulei :

$$h_1 = \frac{q_d\sqrt{2}}{\sqrt{g}} \cdot \frac{1}{\sqrt{T_0' - h_1} + \varphi\sqrt{T_0' - h_0}} \qquad (14)$$

unde : q_d este debitul specific deversat ;
T_0 — energia specifică a curentului, considerată de la ciocul deversorului ;
$\varphi = \varphi_{fund}$ — coeficient de contracţie pentru vîna de fund.

Formula (14) se foloseşte numai atunci cînd mărimile iniţiale şi cele căutate ies în afara limitelor nomogramei 1.

În cazul unui deversor cu prag lat, adîncimea h_1 se determină ca o adîncime critică.

3. Avînd astfel o serie de valori h_0 şi h_1 alegem formula de calcul pentru determinarea adîncimilor h_2 din bieful aval, corespunzătoare valorilor h_0 şi h_1.

Pentru calculul lui h_2 se foloseşte una din formulele (8), (9) sau (10) ; după cum s-a arătat mai sus, tipul formulei depinde de poziţia pragului înclinat al dispatorului de energie şi de distanţa la care se îndepărtează vîna de apă.

În cazul unui disipator orizontal nu se mai alege formula deoarece calculul se face după formula (10′).

Expresia termenului R care intră în formula de calcul se ia din tabela 2, în funcţie de regimul presupus în bieful aval.

4. Pentru folosirea formelor (8) — (10′) trebuie să cunoaştem raportul K dintre mărimea debitului descărcat şi debitul total care trece prin bloc : $K = \frac{Q_d}{Q_d + Q_t}$. Debitul turbinei se determină după caracteristica turbinei, iar căderea poate fi considerată într-o primă aproximaţie, egală cu :

$$H_t = \nabla B_{am} - \nabla B_{av} + h_{ej}$$

sau :

$$H_t = \nabla B_{am} - \Delta h_0 = T_0' - h_0$$

unde : T_0' este distanţa între cota suprafeţei libere din bieful amonte şi muchia ciocului deversorului.

Determinarea mai exactă a căderii la turbină necesită menţionarea în calcule a căderii nerecuperate (pierderile suplimentare ΔH_w se neglijează) adică trebuie să se ţină seama de diferenţa dintre ∇B_{av} şi Δh_0, care apare în cazul cînd nu avem deversări. Totuşi, fără a diminua prea mult precizia calculelor, căderea nerecuperată poate fi considerată în majoritatea cazurilor numai în ultima fază de calcul.

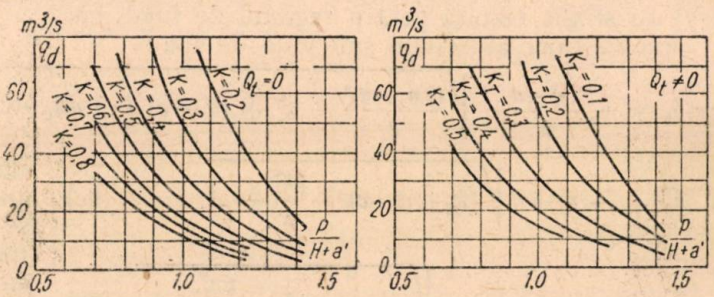


Fig 6 b Diagramă pentru determinarea valorii coeficienţilor K şi K_T pentru calculul primului regim critic.

5. Avînd o serie de valori h_0, h_1 şi $K = \frac{Q_d}{Q_d + Q_t}$ se calculează adîncimea biefului aval h_2 cu ajutorul formulelor (8) — (10′).

Mărimea h_2 care intră în expresia lui A din formulele (8) — (10′) se alege iniţial în mod arbitrar, cît mai aproape de adîncimea presupusă (de exemplu pe baza curbei de corelaţie între debite şi nivele). Calculul se continuă apoi prin metoda aproximaţiilor succesive, folosind formula adoptată pentru h_2, introducînd valoarea găsită pentru h_2 în expresia lui A şi apoi introducînd iar valoarea lui A în expresia lui h_2 (de obicei este suficient să repetăm calculul numai de două ori).

În decursul calculelor trebuie să urmărim ca poziţia punctelor de calcul de pe caracteristica de ejecţie (adică în zona regimului de supra-

*) Pentru notaţii v. fig. 6-a.

față sau de fund) să corespundă coeficientului R considerat în formulă.

6. Construind curbele $h_{ej} = f(\nabla B_{av})$ se introduc corecțiile necesare pentru căderea nerecuperată. Expresia căderii nerecuperate este dată mai jos (fig. 5).

$$\Delta h = \eta \frac{V_t^2 - V_2^2}{2g} \qquad (15)$$

unde:

η este un coeficient de corecție variind între 0,5 și 0,9;

V_t — viteza la ieșirea din aspirator;

V_2 — viteza în secțiunea $II-II$ (fig. 12).

satisfăcătoare numai în cazul supraînălțării nivelului suprafeței libere a biefului aval (ΔB_{av}) față de ciocul deversorului, cu cel puțin:

$$\Delta h_2 = 0{,}8 \sqrt[3]{q_d^2}.$$

În cazul folosirii relațiilor (8a) — (8c), (9a) — —(9c) sau (10a) — (10c) stabilite pentru determinarea presiunii piezometrice la gura aspiratorului, vom folosi următoarea succesiune în calcule:

1. Se dă mărimea efectului piezometric al ejecției h_{ej} (de exemplu $h_{ej} = 1{,}0$ m) și se determină apoi ipotetic cota planului presiunii pie-

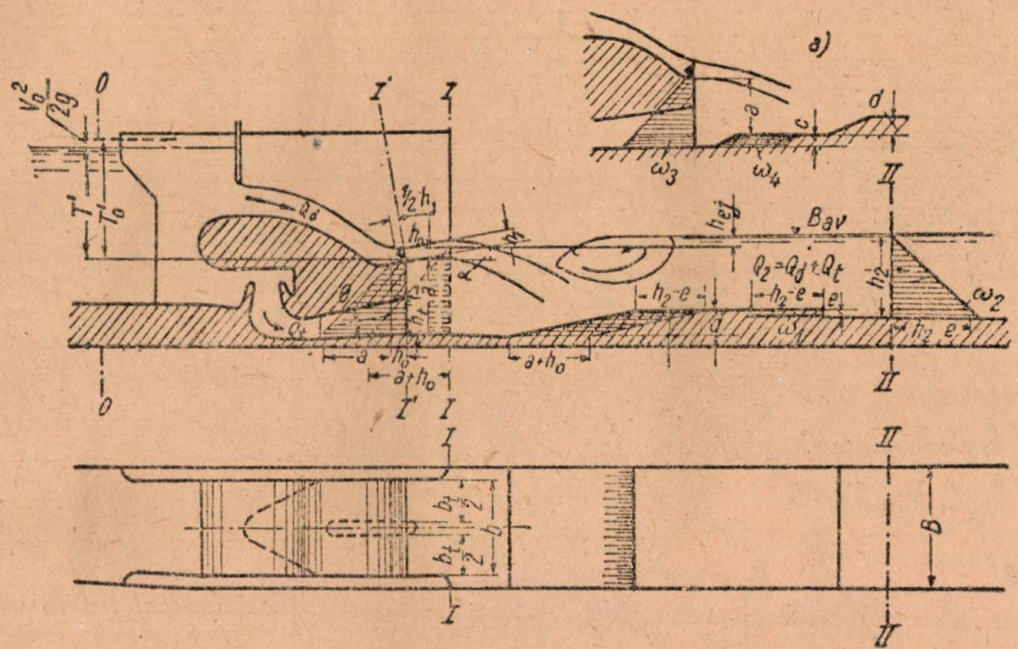


Fig 7. Schema de calcul a ejecției prin deversare (vîna de apă cade pe pragul taclina al disipatorului de energie).

Determinînd efectul ejecției în funcție de cădere $\Delta H = h_{ej} - \Delta h$, se construiesc curbele $\Delta H = f(B_{av})$ care ne permit să determinăm pe $H_{lucru} = H + \Delta H$ în funcție de ΔH și se trece (folosind caracteristica turbinei) la calculul efectului de ejecție asupra puterii și producției de energie. Formulele care stau la baza caracteristcii, s-au dedus pentru cazul cînd regimul hidraulic al blocului considerat este la fel cu regiimul hidraulic al blocurilor învecinate; cu toate acestea caracteristica de ejecție ne permite să efectuăm calculele cu o anumită aproximație și pentru cazul cînd se dă distribuția debitelor descărcate între barajul deversor și clădirea centralei submersibile sau, numai între blocurile turbinelor centralei.

Dispoziția constructivă a blocului trebuie să permită accesul liber al aerului sub vîna de apă; de aceea valoarea lui R va trebuie aleasă pentru $h_0 < 0$ astfel încît să corespundă accesului liber al aerului sub vînă.

Reamintim că în cazul unui salt de suprafață înecat formulele (8) — (10) dau rezultate zometrice la gura aspiratorului precum și presiunea piezometrică:

$$\Delta h_0 = \nabla B_{av} - h_{ej}$$

$$h_0 = \Delta h_0 - \nabla \text{ (cioc)}.$$

2. Cu ajutorul nomogramei I sau al formulei (14) se determină adîncimea h_1 pe ciocul deversorului.

3. Se determină căderea la turbină:

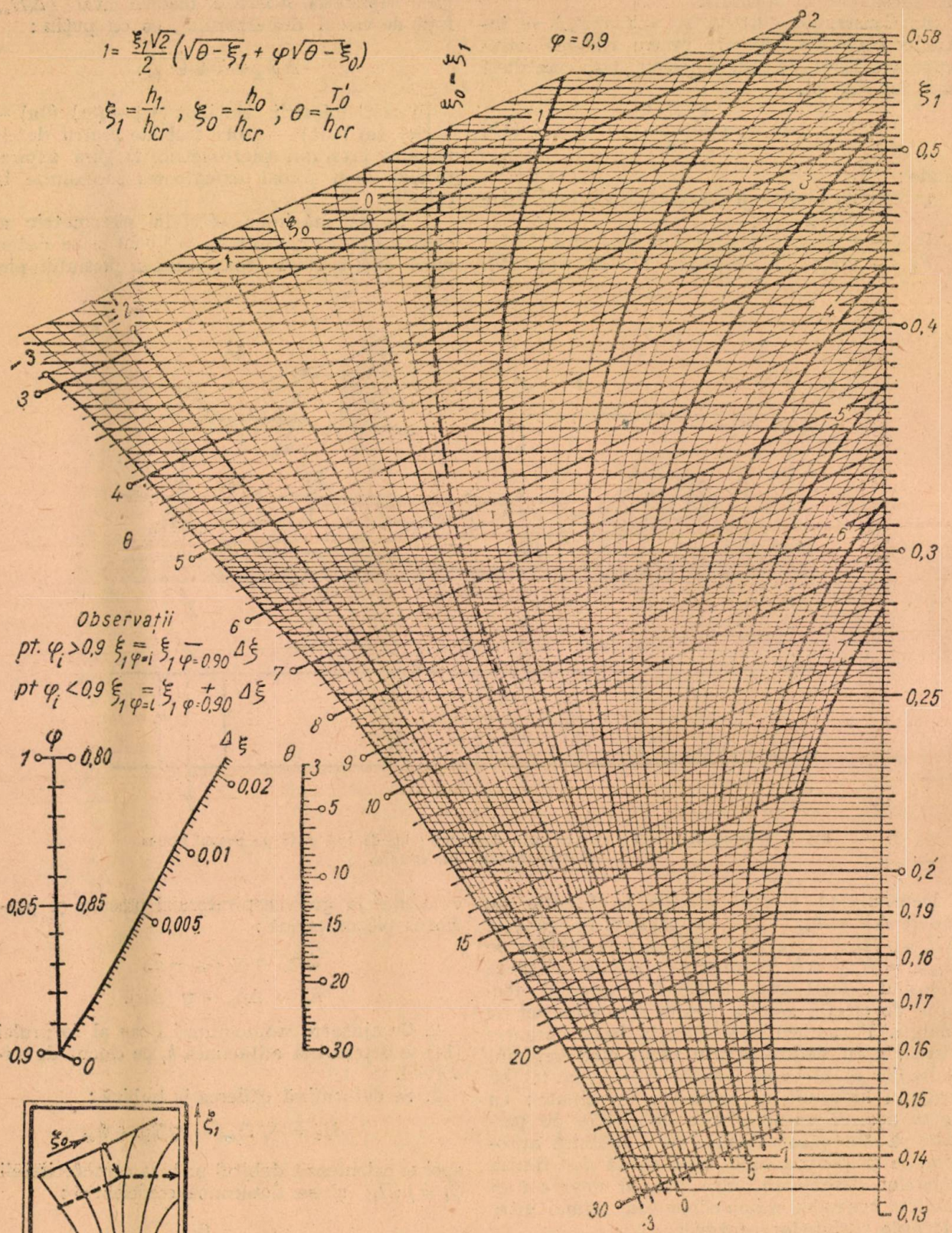
$$H_t = \nabla B_{am} - \nabla B_{av} + h_{ej}$$

apoi se calculează debitul pe baza caracteristicii $Q_t = f(H_t)$ și se determină coeficientul:

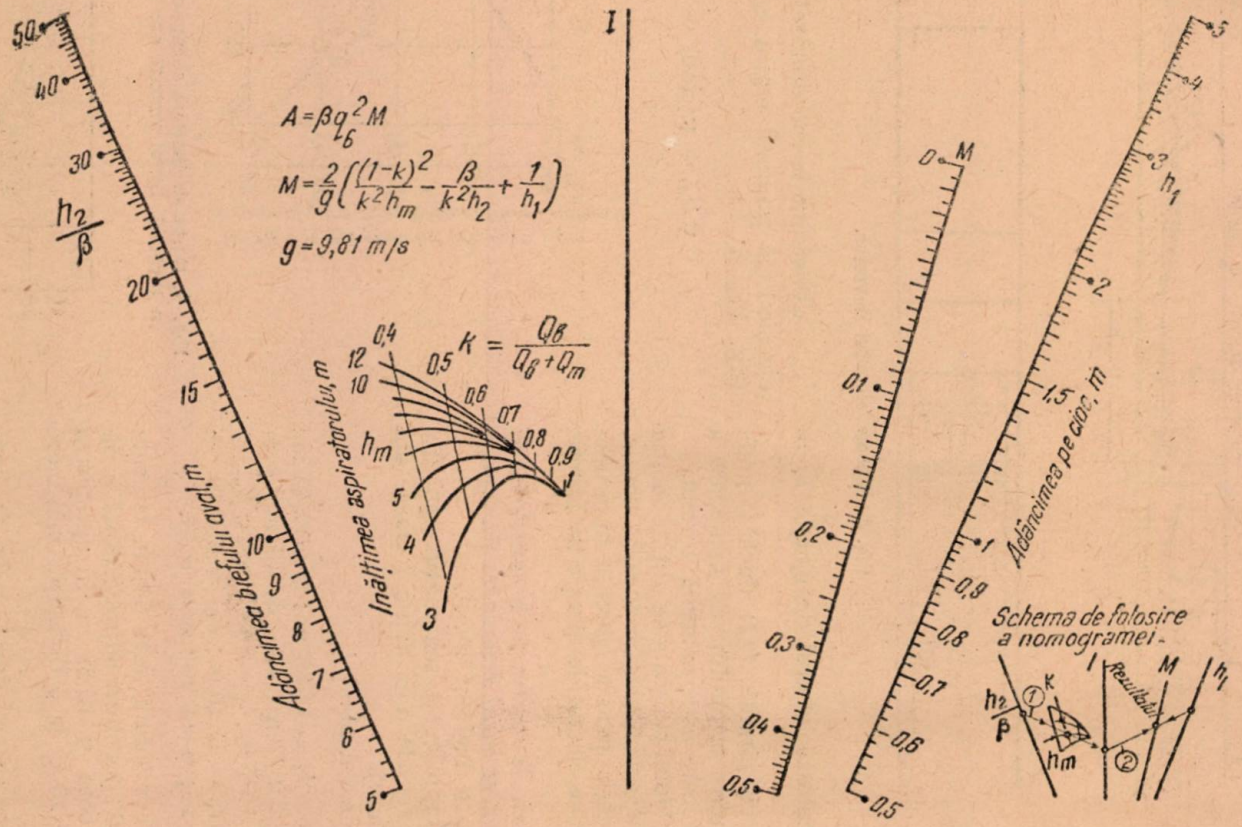
$$K = \frac{Q_d}{Q_d + Q_t}.$$

4. Pentru h_2 dat și valorile găsite pentru h_1 și K se calculează valoarea lui A cu formula (6) și cu ajutorul nomogramei II.

Apoi, se determină h_0 cu una din formulele (8a) — (8c) (9a) — (9c) sau (10a) — (10c). În



I. Nomogramă, pentru calculul adîncimii curentului h_1 pe ciocul deversorului în funcție de mărimile cunoscute h_0 și T'_0 (ca anexă la nomogramă se dă metoda de introducere a corecției $\Delta\xi$ în valoarea lui ξ_1 pentru cazul φ — 0,8).



II. Nomogramă pentru determinarea valorii termenului M care intră în expresia creșterii cantității de mișcare.

cazul unui disipator de energie cu prag înclinat formula de calcul se alege în funcţie de distanţa la care se îndepărtează vîna de apă.

5. Determinînd într-o primă aproximaţie pe aplicaţie detaliată numai pentru debitul de 400 m³/s); pentru debitul de 800 m³/s vom face numai calculul adîncimii h_1 a curentului pe ciocul deversorului.

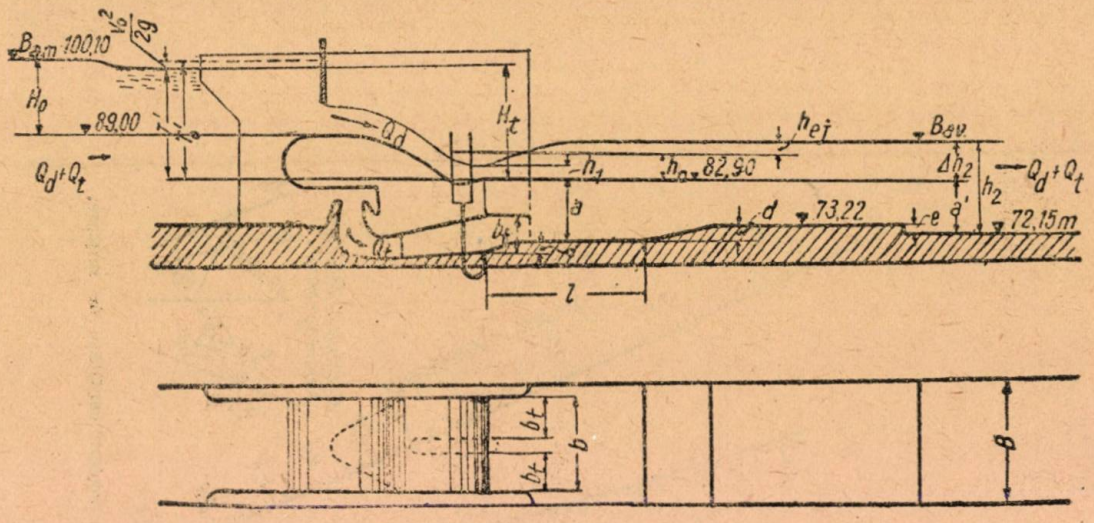


Fig. 8. Schema blocului deversor.

h_0 şi Δh_0 se calculează efectul de ejecţie $h_{ej} = \nabla B_{av} - \Delta h_0$.

6. Se verifică cu formula (12) dacă formula de calcul corespunde regimului de conjugare a biefurilor pentru care este valabilă formula.

7. Se repetă calculul pentru a se obţine soluţia în cea de a doua aproximaţie. Cu această ocazie, se introduce corecţia pentru căderea nerecuperată Δh şi se obţine efectul de ejecţie în funcţie de căderea ΔH.

Exemplu numeric de construcţie a caracteristicii de ejecţie a unei uzine baraj deversoare (în funcţie de adîncimea h_2 a biefului aval).

In fig. 8 s-a reprezentat schematic unul din blocurile deversoare ale unei uzine formate din 10 astfel de blocuri.

Date iniţiale de calcul:

$B = 16{,}00$ m; $b = b_t = 12{,}35$ m; $a = 12{,}45$ m; $a' = 9{,}68$ m; $d = 2{,}77$ m; $h_t = 6{,}40$ m; $p = 15{,}78$ m; $e = 1{,}07$ m; $l = 25{,}00$ m; $\nabla B_{am} = 100{,}10$ mdM; $H_0 = 11{,}10$ m; $T_0' = 100{,}10 - 82{,}90 = 17{,}20$ m; $\varphi = 0{,}90$; $m = 0{,}40$.

Cota crestei deversorului este 89,00, iar cota ciocului este 82,90; porţiunea supraînălţată a disipatorului are cota ∇ 73,22 m în apropierea barajului şi ∇ 72,15 m la o distanţă mai mare de baraj.

Înafara acestora se mai dau: curba de limitare a capacităţii de înghiţire a turbinei, adică curba $Q_t = (H_t)$ fig. 9 şi curba de corelaţie între nivelele biefului aval şi debitele rîului:

$$\Sigma Q = f(\nabla B_{am}) \text{ — fig. 10.}$$

Vom face calculele pentru trei valori ale debitului deversor (corespunzător unui bloc): $Q_d = 400{,}600$ şi 800 m³/s; debitele de 400 şi 600 m³/s se descarcă pe sub stavilă, iar debitul de 800 m³/s se descarcă cu stavila complet deschisă (pentru a reduce volumul calculelor numerice vom face o

1. Construim în coordonatele caracteristicii de ejecţie linia primului regim critic $\Delta h_2 = K_T h_{ej}^2$ (fig. 11) şi

$$\nabla B_{av} = \nabla(\text{cioc}) + \Delta h_2.$$

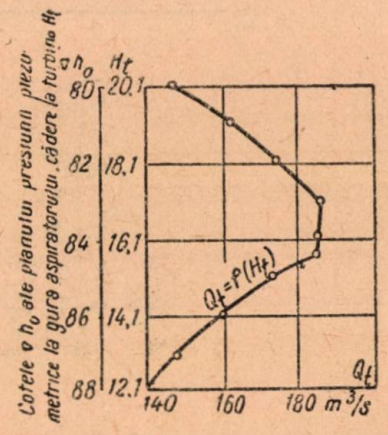


Fig. 9. Curba de limitare a capacităţii de înghiţire a turbinei. Bieful amonte are cota 100,10 m.

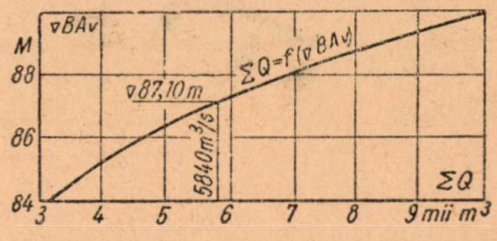


Fig. 10. Variaţia debitului din rîu în funcţie de nivelul biefului aval.

Valoarea lui K_T se determină din fig. 6, calculînd în prealabil $\frac{p}{H + a'}$, şi q_d; totodată, con-

siderăm pentru calculul lui K_T, $H = H_0$ ceea ce nu afectează practic rezultatul calculului

$$\frac{p}{H + a'} = \frac{15{,}78}{11{,}10 + 9{,}68} = 0{,}76$$

$q_2 = m\sqrt{2g}\, H^{3/2} = 0{,}40 \times 4{,}43 \times 11{,}10^{3/2} = 65{,}6$ m³/s şi ml; după diagrama din fig. 6 găsim $K_T \approx 0{,}30$.

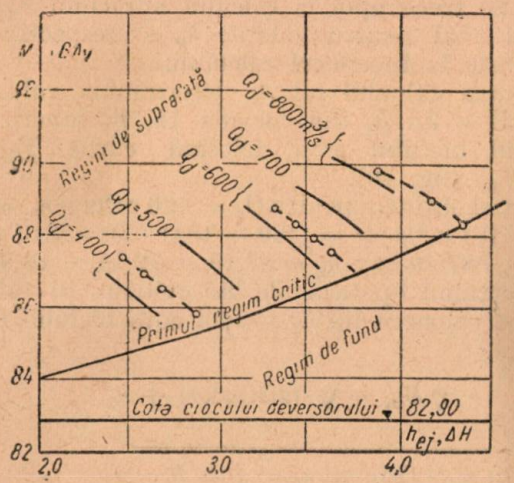


Fig. 11. Caracteristica de ejecţie a blocului deversor al unei UHE submerisibile. Pentru debitele de 500 şi 700m³/s curbele $\Delta H = f(\Delta BAm)$ s-au construit prin interpolare): — efectul ejecţiei în funcţie de cădere; — efectul piezometric al ejecţiei.

Dîndu-se apoi o serie de valori h_{ej} (pînă la 5 m) determinăm pe baza formulei (5) pe ΔH_2 şi ∇B_{av} corespunzătoare primului regim critic:

Tabela 3

h_{ej} (m)	$\Delta h_2 = 0{,}30\, h_{ej}^2$ (m)	$\nabla B_{av} = 82{,}9 + \Delta h_2$ (m)
1,0	0,30	83,20
2,0	1,20	84,10
3,0	2,70	85,60
4,0	4,80	87,70
5,0	7,50	90,40

2. Determinăm pentru o serie de valori h_0 *), valorile corespunzătoare pentru h_1. Considerînd $h_0 = 0$; 1,0; 1,5; 2,0 m efectuăm calculele cu ajutorul nomogramei I şi trecem rezultatele în coloanele 2—7 din tabela 4. Pentru debitul de 800 m³/s şi $h_0 = 0$; 1,0; 2,0; 3,0 m folosim formula (14) întrucît nomograma nu mai poate fi folosită (deoarece mărimea $\theta = \frac{T_0'}{h_k}$ iese din limitele nomogramei). Calculele efectuate după formula (14) s-au trecut în tabela 4.

3. Trecem acum la alegerea formulei de calcul care determină adîncimea h_2. Distanţa la care

*) Dacă nivelele şi adîncimile biefului aval sînt de aşa natură încît se bănuieşte un regim de suprafaţă, va trebui să dăm lui h_0 valori de la zero în sus; dacă însă se bănuieşte un regim de fund se recomandă să se dea iniţial pentru h_0 valorile: 1; 0; — 1; — 2 m.

Tabela 4

Calculul efectului piezometric al ejecţiei prin deversare superficială

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Q_d, q_d, T_0', β	$h_{cr} = \sqrt[3]{\frac{q_d^2}{g}}$ * (m)	$\theta = \frac{T_0'}{h_{cr}}$	h_0 (m)	$\bar{h}_0 = \frac{h_0}{h_{cr}}$	$\bar{h}_1$ – după nomograma I	$h_1 = \bar{h}_1\, h_{cr}$ (m)	$H_1 = T_0' - h_0$	Q_1 (m³/s)	$Q_\Sigma = Q_d + Q_{ej}$ (m³/s)	$\Sigma Q = 10\, Q_\Sigma$ (m³/s)	∇B_{av}, după fig. 10	$K = \frac{Q_d}{Q_d + Q_{ej}}$	$h_2 = \nabla B_{av} - 72{,}15$. (m)	$\frac{h_2}{\beta}$	M – după nomograma II	βq_d^2	$A = \beta q_d^2\, M$	$0{,}23\, h_0^2$	$22{,}13\, h_0$	$0{,}77\, h_1 h_0$	122,1 + (19) + + (20) + (21)	(22) + A	$\sqrt{(23)}$	$h_2 = (24) - 0{,}31$. (m)	$\nabla B_{av} = 72{,}15 + h_2$. (m)	$h_{ej} = \nabla B_{av} - \Delta h$ o(m)
$Q = 400$ m³/s	4,75	3,62	0	0	0,403	1,915	17,20	184	584	5840	87,10	0,648	14,95	19,40	0,092	808	74,2	0	0	0	122,1	196,5	14,02	13,71		
													13,71	17,80	0,089	808	72,0	0	0	0	122,1	194,1	13,93	13,62		
$q_d = 32{,}4$ m³/s m													13,62	17,70	0,089	808	72,0	0	0	0	122,1	194,1	13,93	13,62	85,77	2,87
			1,0	0,211	0,410	1,945	16,20	185	5850	5850	87,15	0,684	15,00	19,50	0,089	808	72,0	0,23	22,13	1,50	145,96	217,96	14,76	14,45		
$T_0' = 17{,}20$ m													14,45	18,78	0,088	808	71,0	0,23	22,13	1,50	145,96	217,96	14,76	14,43	86,58	2,68
			1,5	0,316	0,413	1,962	15,70	185	585	5850	87,15	0,684	15,00	19,50	0,089	808	72,0	0,52	33,20	2,27	158,09	230,09	15,17	14,86		
													14,86	19,28	0,088	808	71,2	0,52	33,20	2,27	158,09	229,29	15,14	14,83	86,98	2,58
$\beta = \frac{b}{B} = 0{,}77$			2,0	0,422	0,416	2,004	15,20	176	576	5760	87,0	0,695	14,85	19,28	0,087	808	70,4	0,92	44,26	3,08	170,36	240,76	15,52	15,21		
													15,21	19,76	0,088	808	71,2	0,92	44,26	3,08	170,36	241,56	15,54	15,23	87,38	2,48

cade vîna, în ipoteza că avem sub vînă presiunea atmosferică, adică pentru $h_0 = 0$, se determină cu formula:

$$X_0 = \varphi \sqrt{2g}\, T_0' \sqrt{\frac{2a' + d + h_1}{g}}. \qquad (16)$$

Pentru $Q_d = 400$ m³/s valoarea lui h_1 se găseşte din coloana 7 tabela 4 (făcînd media valorilor) şi este aproximativ agală cu 1,95.

$$X_0 = 0{,}90 \cdot 17{,}20 \cdot \sqrt{19{,}62} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 9{,}68 + 2{,}77 + 1{,}95}{9{,}81}} =$$

$= 25{,}9$ m.

Îm cazul de faţă ($h_0 = 0$), $1 < X_0$ şi deci calculul va trebui condus după formula (1). Să determinăm acum termenul R care intră în formula (1). În cazul analizat cota suprafeţei libere din bieful aval este suficient de ridicată şi se poate presupune că se va stabili un regim de suprafaţă. Expresia lui R va rezulta atunci din tabela 1: $R = (1 - \beta)\, h_0^2 + \beta\, h_1 h_0$. Inlocuind această expresie a lui R în formula (8) şi introducînd valorile numerice obţinem:

$$h_2 = -\frac{d - 2e}{2} \sqrt{\left(\frac{d - 2e}{2}\right)^2 + a^2 - e^2 + (e - a)\, d + (2a - d)\, h_0 + A + R} =$$

$$= -0{,}31 + \sqrt{122{,}1 + 0{,}23\, h_0^2 + 22{,}13\, h + 0{,}77\, h_1 h_0 + A}.$$

Problema dacă formula (8) a fost bine aleasă se verifică în decursul calculelor (la nunctul 5): în cazul cînd punctele de calcul se aşază sub linia primului regim critic trecem la expresia lui R corespunzătoare regimului de fund. Calculul se face prin metoda aproximaţiilor succesive şi se redă în tabela 4.

4. Îm coloana 8 din tabela 4 se calculează căderea turbinei şi cu ajutorul curbei de limitare a caracteristicii turbinei, din fig. 9, se determină debitul turbinei (coloana 9). În cazul de faţă vom neglija căderea nerecuperată care, în mod normal, ar trebui scăzută din valoarea căderii turbinei. Cunoscînd acum debitul turbinei se calculează în coloana 13 din tabelă mărimea:

$$K = \frac{Q_d}{Q_d + Q_t}.$$

5. Se trece apoi la calculul adîncimii h_2 din bieful aval pentru valorile h_0 şi respectiv h_1, adoptate la începutul calculului.

Pentru calculul lui A, determinăm valoarea iniţială a lui h_2 din coloana 14, în funcţie de nivelul biefului aval, folosind curba $\sum Q = f(\nabla B_{av})$ (fig. 10).

Astfel obţinem pentru $Q_d = 400$ m³/s şi $h_0 = 0$: $Q_t = 184$ m³/s; $Q = (400 + 184) \cdot 10 = 5840$ m³/s $\nabla B_{av} = 87{,}10$ m; $h_2 = 87{,}10 - 72{,}15 = 14{,}95$m.

Efectuînd operaţiunile din coloana 10—25 se obţine valoarea lui h_2 şi apoi cota biefului aval (col 26):

$$\nabla B_{av} = \nabla\ (disipator) + h_2.$$

Pe baza datelor din coloana 27 se construiesc în fig. 11 curbele efectului piezometric al ejecţiei în funcţie de nivelul biefului aval şi de debitul descărcat: $h_{ej} = f(\nabla B_{av})$.

Pentru debitele $Q_d = 500$ şi 700 m³/s, curbele $h_{ej} = f(\nabla B_{av})$ se obţin prin interpolare.

6. Rămîne acum să se transforme curbele care dau efectul piezometric al ejecţiei în curbe care să exprime efectul ejecţiei în funcţie de cădere.

Tabela 5

Calculul adîncimii curentului pe ciocul deversorului pentru $Q_d = 800$ m³/s

$$h_1 = \frac{q_d \sqrt{2}}{\sqrt{g}} \cdot \frac{1}{\sqrt{T_0' - h_1} + \varphi \sqrt{T_0' - h_0}}$$

Q_d; q_d; T_0'	Prima aproximare: $h_1 = 0$					A doua şi a treia aproximare			
	$\sqrt{T_0'}$	h_0 (m)	$\varphi\sqrt{T_0' - h_0}$	(2) + (4)	$\frac{1}{(2)+(4)}$	$h_1 = \frac{q_d}{2{,}21} \cdot (6)$ (m)	$\sqrt{T_0' - h_1}$	$\frac{1}{(8)+(4)}$	$\frac{q_d}{2{,}21} \cdot (9)$, (m) h_1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Q_d = 800$ m³/s	4,147	0	3,73	7,88	0,127	3,72	3,67	0,135	3,96
						3,96 *)	3,64	0,136	3,98
$q_d = 64{,}7$ m³/s ml		1,00	3,62	7,77	0,129	3,78	3,66	1,137	4,02
		2,00	3,51	7,66	0,131	3,84	3,65	0,140	4,11
$T_0' = 17{,}20$ m		3,00	3,39	7,54	0,135	3,90	3,64	0,142	4,16
		4,00	3,26	7,41	0,135	3,95	3,64	0,145	4,25

*) din coloana 10.

Efectul ejecției în funcție de cădere se determină scăzînd din efectul piezometric valoarea căderii nerecuperate: $\nabla H = h_{ej} - \nabla h$.

In exemplu de față menționarea căderii nerecuperate s-a făcut prin corecția curbelor caracteristicii de ejecție ($h_{ej} = f(\nabla B_{av})$.

Tabela 6

Debitul descărcat Q_d m³/s	∇B_{av} (m)	Efectul piezometric al ejecției h_{ej}, (m)	Valoarea aproximativă a căderii la turbină $H_t^1 = 100,10 - \nabla B_{av} + h_{ej}$, m	Debitul turbinei Q_t, (m³/s)	Adîncimea biefului aval $h_2 = \nabla B_{av} - 72,15$, (m)	$V_2 = \frac{Q_t}{Bh_2} = \frac{Q_t}{16\,h_2}$, (m/s)	$\frac{V_2^2}{2g}$, (m)	$V_t = \frac{Q_t}{Bh_t} = \frac{Q_t}{12.6,40}$, (m/s)	$\frac{V_t^2}{2g}$, (m)	$\Delta h = 0,7\left(\frac{V_t^2}{2g} - \frac{V_2^2}{2g}\right)$, (m)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
400	86,70	2,64	16,04	185	14,95	0,77	0,027	2,41	0,296	0,19
600	88,30	3,43	15,23	178	16,15	0,69	0,025	2,32	0,275	0,17
800	89,73	3,90	14,25	163	17,60	0,58	0,017	2,12	0,229	0,15

Calculul mărimii h, care determină influența debitului turbinei asupra presiunii piezometrice la gura aspiratorului se face (în tabela 6) pentru nivelele biefului aval, corespunzătoare debitului total, descărcat prin uzină (printr-un bloc se descarcă 400—600 m³/s). Pentru un Q_o dat considerăm în calcule că valoarea lui Δh rămîne constantă.

Bibliografie

(1) *Slisski S. M.*: Ejecția în bieful aval al uzinelor hidroelectrice deversoare, Moscova, 1953.
(2) *Egorov S. A.*: Ejecția în bieful aval UHE mici, Ghidrotehnicescoe stroitelstvo, nr. 8/1949.
(3) *Kumin D. I.*: Efectul de ejecție maximal la uzinele hidroelectrice deversoare, Izvestia, VNIIG, vol. 44/1951.
(4) *Kumin D. I.*: Determinarea efectului de ejecție pentru UHE avînd ejectoarele amplasate în conductele de aspirație, Izvestia VNIIG, vol. 32/1947.

★

О ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ЗНАЧЕНИИ И РАСЧЕТЕ ЭЖЕКЦИИ ИЗ НИЖНЕГО БЬЕФА ПОДВОДНЫХ ГЭС

Резюме

В статье рассматриваются теоретические основы явления эжекции и различные схемы ГЭС применяющие эжекцию. Дается метод конкретного расчета эжекции, поверхностным сбросом, основанный на последних достижениях советских научных работников в этой области.

ALIMENTAREA CENTRALELOR TERMOELECTRICE CU APĂ MIXTĂ DE RĂCIRE

În perioada apelor mici, debitul apei curgătoare, din care se prelevează apa de răcire pentru centralele termoelectrice, nu este adeseori suficient, chiar dacă în perioadele normale nevoia de apă de răcire este inferioară sau cel mult egală cu debitul rîului respectiv.

Experiența arată că în astfel de condiții hidrografice, termocentrala trebuie alimentată cu apă din rîu în perioada de debit normal iar în restul timpului, trebuie folosită o metodă de alimentare cu apă mixtă, adică să se utilizeze pe lîngă apa rece a rîului și apa care a fost folosită, răcită și readusă în circuit [1]).

Aplicarea metodei mixte de alimentare permite fie să se renunțe la construirea de instalații artificiale de răcire (iazuri, turnuri de răcire, bazine de stropit) fie să se folosească instalații de răcire cu productivitate redusă.

Temperatura apei de răcire pentru o bună funcționare a turbinelor (GOST 3618-47) și a generatoarelor (GOST 533-51) nu trebuie să depășească 33°C ; apa mixtă de răcire poate atinge această temperatură dacă se lucrează astfel încît apa de rîu să intre în alcătuirea apei de răcire în anumite proporții.

Temperatura apei mixte depinde în primul rînd de așezarea construcției de priză de apă și a celei de evacuare a apei folosite.

S-a constatat că dacă priza de apă se află în amonte de punctul de evacuare a apei utilizate (fig. 1 *a*), curentul creat la suprafața apei de către apa caldă eliminată prin canalul de evacuare se întinde în susul rîului pînă dincolo de construcția de priză de apă ; în același timp apa rîului își urmează cursul normal sub stratul de apă caldă evacuată, intrînd în întregime în priza de apă.

Cercetările făcute în laboratoarele Institutului Unional de cercetări hidraulice din U.R.S.S. privitor la funcționarea instalațiilor de priză de apă au confirmat aceste mișcări ale celor doi curenți de apă.

Considerînd că instalația de priză captează întregul debit al rîului, se poate scrie pentru schema *a* (fig. 1), ecuația echilibrului termic sub forma următoare :

$$Q_p t_a' = Q_1 t_1 + Q_2 (t_a' + \Delta t_s') =$$
$$= Q_1 t_1 + (Q_p - Q_1) \cdot (t_a' + \Delta t_s')$$

de unde :

$$t_a' = t_1 + \left(\frac{Q_p}{Q_1} - 1\right) \Delta t_s' \qquad (1)$$

În aceste relații : Q_1 este debitul rîului ; Q_p este debitul instalației de priză de apă ; t_a' este temperatura apei de răcire care intră în priza de apă ; t_1 este temperatura apei rîului ; $Q_2 = Q_p - Q_1$ este debitul apei utilizate care intră în instalația de priză iar $\Delta t_s'$ este încălzirea apei în sistem.

În cazul așezării construcțiilor după schema *b* (fig. 1), care are priza de apă în aval de punctul

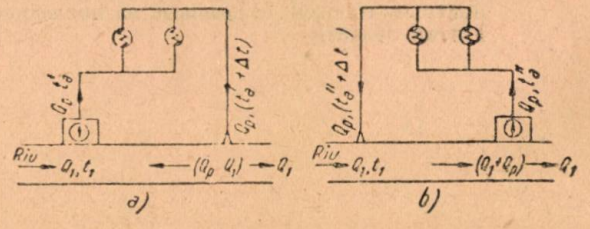


Fig. 1. Schemele a două sisteme mixte (*a* și *b*) de alimentare cu apă, debitarea făcîndu-se într-o singură treaptă.

de evacuare a apei utilizate, debitul Q_1 al rîului nu poate influența decît parțial temperatura instalației de priză de apă. Utilizînd această schemă, temperatura t_a'' a prizei de apă se determină din ecuația bilanțului termic :

$$(\alpha\ Q_1 + Q_p)\ t_a'' = \alpha\ Q_1 t_1 + Q_p\ (t_a'' + \Delta t_s'')$$

de unde :

$$t_a'' = t_1 + \frac{Q_p}{\alpha\ Q_1}\ \Delta t_s'' \qquad (2)$$

[1]) *P. A. Denisov*, Alimentarea centralelor termoelectrice cu apă mixtă, Elektriceskie Stanții 7/1952.

în care $\Delta t_s''$ este încălzirea apei în sistem iar α este coeficientul care determină gradul de influență a debitului Q_1 al rîului cu temperatura t_1 asupra temperaturii prizei de apă.

Acest coeficient α depinde de o serie de factori: de lățimea, adîncimea și forma sinuoasă a albiei rîului, de viteza curentului pe porțiunea dintre punctul de evacuare și instalația de priză, lungimea acestei porțiuni, lățimea intrării în priza de apă, cota pragului și adîncimea orificiilor de intrare ale acestuia, de raportul dintre debitul Q_p și Q_1, influența vîntului etc.

Îmbinînd acești factori în mod convenabil, coeficientul poate atinge valoarea 0,8 și chiar 1; în caz contrar, valoarea lui poate să scadă brusc. Valoarea limită $\alpha = 1$ a coeficientului corespunde cazului în care întregul debit Q_1 al rîului se amestecă cu apa încălzită evacuată.

Admițînd că $\Delta t_s' = \Delta t_s'' = \Delta t_s$ și scăzînd din expresia (2) expresia (1) vom avea:

$$\Delta t_a = t_a'' - t_a' = \frac{Q_p}{Q_1}\left(\frac{1}{\alpha} - 1\right)\Delta t_s + \Delta t_s \quad (3)$$

Din această relație, rezultă că așezarea instalației de evacuare în amonte de priza de apă duce la urcarea temperaturii apei de răcire cu valoarea $\Delta t_a'$ față de temperatura pe care o are apa în cazul așezării inverse a construcției. Relația (3) se referă la cazul în care $Q_p \geqslant Q_1$.

Pentru schema *a* (fig. 1), dacă $Q_p \leqslant Q_1$ și dacă se poate asigura alimentarea cu apă din rîu, temperatura t_a'' este egală cu t_1, cu condiția ca distanța dintre aceste două construcții să fie astfel calculată încît să nu existe posibilitatea prelevării apei calde (evacuate) de către instalația de priză.

Așezarea construcțiilor după schema *b* (fig. 1) aduce o urcare a temperaturii apei la intrarea în instalația de priză; față de temperatura apei din cazul *a*, această urcare de temperatură $\Delta t_a''$ poate fi determinată din expresia (2):

$$\Delta t_a'' = t_a'' - t_1 = \frac{Q_p}{\alpha Q_1}\Delta t_s'' \quad (4)$$

Așezarea instalației de evacuare în amonte de instalația de priză după schema *b*, nu este deci rațională deoarece ea provoacă urcarea temperaturii apei de răcire atît în cazul $Q_p \leqslant Q_1$ cît și în cazul $Q_p \geqslant Q_1$. Totuși, schema *b* poate fi folosită pentru a proteja construcțiile de priză de apă ale centralelor termoelectrice contra zăpezii și gheții de fund [2]).

Notînd raportul debitelor $\frac{Q_p}{Q_1} = \rho$ (ρ este coeficientul de recirculație), relația (1) poate fi scrisă astfel:

$$t_a' = t_1 + (\rho - 1)\ \Delta t_s$$

de unde:

$$\rho = \frac{t_a - t_1}{\Delta t_s} + 1 \quad (5)$$

Considerînd pe $t_a = 33°C$, s-au determinat valorile limită ale coeficientului de recirculație ρ pentru temperaturile naturale t_1 ale sursei (0... ...25°C) și valorile 5...10°C ale încălzirii Δt_s ale apei în sistem. Rezultatele acestor determinări sînt redate în tabela 1.

După cum reiese din tabela 1, coeficientul de recirculație crește în special pentru temperaturile mici ale apei din rîu. Faptul este cu atît mai important cu cît, în timpul iernii, trebuie să se țină seamă în același timp și de temperaturile joase și de micile debite ale rîurilor.

Tabela 1

t_1 °C	Valorile lui ρ pentru:					
	Δt_s = 10°C	Δt_s = 9°C	Δt_s = 8°C	Δt_s = 7°C	Δt_s = 6°C	Δt_s = 5°C
0	4,3	4,66	5,12	5,72	6,50	7,60
5	3,8	4,12	4,50	5,00	5,66	6,65
10	3,3	3,56	3,88	4,28	4,84	5,60
15	2,8	3,00	3,25	3,58	4,00	4,60
20	2,8	2,44	2,63	2,86	3,17	3,60
25	1,8	1,89	2,00	2,14	2,33	2,60

Putem aprecia de asemenea și influența creșterii Δt_s asupra temperaturii t_a examinînd datele din tabela 2.

O problemă de interes practic o constituie variația temperaturii prizei de apă (t_a), în funcție de variația debitelor minime (Q_1) ale sursei.

Să considerăm exemplul următor: coeficientul de variație $C_v = 0{,}40$; coeficientul de asimetrie $C_s = 2C_v = 0{,}80$; Q_1 este debitul minim calculat al rîului (97%) iar $\Delta t_s = 9°C$. Se cere a se stabili temperaturile t_a ale apei de răcire la variațiile debitelor minime, captarea variind între 97% și 25%.

Aceste temperaturi se determină cu ajutorul formulei următoare:

$$t_a = t_1 + \left(\frac{k^d_{97\%}}{k^d_{n\%}} - 1\right)\Delta t_s = t_1 + (\rho' - 1)\ \Delta t_s \quad (6)$$

în care $k^d_{97\%}$ este modulul corespunzător debitului minim Q_1 captat în proporție de 97%; $k^d_{n\%}$ este modulul corespunzător debitului minim Q_1 captat în proporție de n% iar

$$\rho' = \rho\,\frac{k^d_{97\%}}{k^d_{n\%}}$$

Rezultatele calculate sînt redate în tabela 3.

O analiză a cifrelor din tabela 3 arată că temperatura t_a coboară repede, pe măsură ce descrește gradul de captare a debitelor minime ale rîului. Această temperatură este un factor important fiindcă arată că, în perioadele în care nivelul apelor este scăzut, centralele termoelectrice trebuie alimentate cu apă mixtă de răcire.

[2]) *P. A. Denisov*, Protecția construcțiilor de priză de apă ale centralelor electrice împotriva zăpezii și gheții de fund, Elektriceskie Stanții, 5/1949.

Tabela 2

Coeficientul ρ	Temperatura t_a a prizei de apă la $t_1 = 0^0C$ la Δt_s			$t_1 = 10^0C$ la Δt_s			$t_1 = 30^0C$ la Δt_s		
	9°C	8°C	7°C	9°C	8°C	7°C	9°C	8°C	7°C
2	9	8	7	19	18	17	29	28	27
3	18	16	14	28	26	24	38	36	34
4	27	24	21	37	34	31	—	—	—
5	36	32	28	—	—	38	—	—	—
6	—	40	35	—	—	—	—	—	—

Tabela 3

t_1°C	Temperaturile prizei de apă t_a la debitele minime asigurate în proporție de: 97%		95%		90%		75%		50%		25%	
	ρ′	t_a	ρ′	t_a	ρ′	t_a	ρ′	t_a	ρ′	t_a	ρ′	t_a
0	4,66	33	4,05	27,4	3,43	21,8	2,56	14	1,92	8,3	1,48	4,3
5	4,12	33	3,58	28,2	3,13	24,2	2,26	16,3	1,69	11,2	1,31	7,8
10	3,56	33	3,08	28,7	2,62	24,6	1,96	18,6	1,46	14,1	1,13	11,2
15	3,00	33	2,60	29,4	2,20	25,7	1,65	20,8	1,23	17,6	—	15
20	2,44	33	2,18	30	1,80	27,2	1,34	23,6	1	21	—	20
25	1,89	33	1,64	30,7	1,39	28,5	1,04	25,4	—	25,1	—	25
$k^d_{n\%}$	0,39		0,45		0,53		0,71		0,95		1,29	

Calculele arată că încălzirea Δt_s a apei în sistem influențează hotărîtor atît coeficientul limită de recirculație cît și temperatura apei de răcire. Această încălzire Δt_s este diferența dintre Δt_{ce} a apei de răcire în schimbătoarele de căldură ale centralelor electrice $\Delta t_{răc.}$ a apei utilizate în circuitul de recirculație, deci:

$$\Delta t_s = \Delta t_{ce} - \Delta t_{răc.}$$

unde Δt_{ce} are valoarea:

$$\Delta t_{ce} \approx \frac{\sum_{o}^{n} Q_c \Delta t_c + \sum_{o}^{n} Q_g \Delta t_g + \sum_{o}^{n} Q_{răc.ul.} \Delta t_{răc.ul.}}{Q_a} \qquad (7)$$

unde $\sum_{o}^{n} Q \Delta t$ este suma cantităților de căldură luată de către apă din condensatoare, generatoare și răcitoarele de ulei ale turbogeneratoarelor; iar Q_a este debitul apei de răcire, luat practic egal cu debitul prizei de apă.

Răcirea apei utilizate depinde de pierderile de căldură care au loc pe suprafața liberă a circuitului de recirculație. Acest circuit este format din canalele de aducție, canalele de abatere și albia rîului în zona de influență a instalațiilor de abatere și de priză de apă precum și cea a construcțiilor respective (căderi de apă, curenți rapizi).

Gradul de răcire a apei, datorită suprafeței libere a canalelor și a apei rîului în limitele zonei menționate depinde de o serie de factori dintre cari cei mai importanți sînt: suprafața și lățimea porțiunii libere de apă, temperatura apei, condițiile meteorologice, viteza curentului de apă și posibilitatea de amestecare a ei în plan vertical și orizontal, direcția curentului de apă față de direcția vîntului precum și condițiile în care suflă vîntul pe suprafața apei.

Suma pierderilor de căldură (q) de pe suprafața liberă a apei se exprimă prin formula generală următoare:

$$q = q_e + q_c + q_u + q_{ef} \qquad (8)$$

în care q_e este pierderea de căldură prin evaporare; q_c este pierderea de căldură prin convecție; q_u este căldura primită de la soare direct și prin radiație iar q_{ef} este pierderea de căldură prin radiație efectivă.

Canalele de abatere și de aducție precum și albiile rîurilor care au lățimea relativ mică și în care curentul are viteză mare, provoacă amestecarea turbulentă a apei. Aceste condiții favorabile contribuie la intensificarea răcirii apei care are loc prin evaporare și convecție.

Prelucrînd rezultatele obținute prin determinări calorimetrice făcute la mai multe rîuri, unii cercetători sovietici [3]) au propus următoarea relație pentru determinarea pierderilor de căldură prin evaporare și prin convecție:

$$q_e + q_c = A\,[0{,}46\,(t - \theta) + (l_t - l)]\,(1 + 0{,}3\,\omega)$$

mii kcal/m² în 24 ore (9)

In această relație: t = temperatura apei °C; θ = temperatura aerului °C; l_t = forța elastică a vaporilor saturați la temperatura dată a apei (în mm mercur); l = umiditatea absolută a aerului (în mm mercur); ω = viteza vîntului la

[3]) *S. N. Kriłki, M. F. Menkel* și *K. I. Rosinski*, Regimul termic de iarnă al lacurilor de acumulare, al rîurilor și canalelor; Gosenergoizdat, 1947. *S. N. Kriłki* și *M. F. Menkel*, Bazele hidrologice ale hidrotehnicii fluviale (Academia de științe a U.R.S.S., 1950).

înălțimea de 1 metru deasupra apei (m/s); iar A este un coeficient adimensional.

După F. A. Denisov, valoarea coeficientului A depinde de mișcarea aerului pe suprafața de

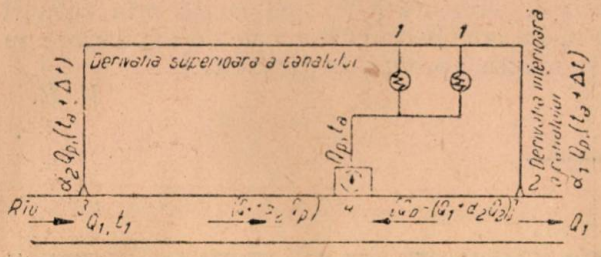


Fig. 2. Schema sistemului de alimentare cu apă mixtă, cu debitul apei într-o singură treaptă, canalul de evacuare avînd două ramificații.

răcire, de direcția vîntului și de sensul curentului de apă. Se ajunge astfel la următoarele valori:

— Pentru canalele și albiile rîurilor neprotejate contra vîntului prin plantații, construcții sau maluri abrupte, sensul vîntului fiind în majoritatea timpului contrar celui al cursului de apă . . . . . $A = 0{,}35$

— Pentru canale și albii protejate $A = 0{,}25$

— Pentru canale și albii în condiții intermediare . . . . . $A = 0{,}30$

Pentru determinarea încălzirii apei în sistemul de recirculație se poate folosi următoarea expresie

$$\Delta t_s = \Delta t_{ce} - \Delta t_{răc} = \Delta t_{ce} \frac{1}{Q_p\, 86400} (\Sigma q F + q_e) \quad (10)$$

unde Q_p este debitul prizei de apă în m³/s; q este suma pierderilor de căldură în diverse sectoare, în mii kcal/m², 24 ore; F este suprafața liberă de răcire în diferite sectoare, în m²; iar q_e sînt pierderile de căldură în construcțiile de acumulare (curenți rapizi, căderi de apă) mii kcal/24 ore

Pentru a mări suprafața de răcire, trebuie folosită la maximum panta naturală a terenului, albiile vechi, albiile afluenților etc.

Uneori este bine să se construiască două ramificații ale canalului de evacuare (fig. 2). Pentru debitele $Q_1 \geqslant Q_p$, alimentarea cu apă se face din rîu iar apa utilizată Q_p se evacuează prin ramura inferioară, în aval de instalația de priză de apă. Tot pe ramura inferioară se evacuează debitul $\alpha_1 Q_p$ (pentru cazul cînd debitele sînt: $Q_1 < Q_p$), iar pe ramura superioară se evacuează debitul $\alpha_2 Q_p$.

Valorile coeficienților α_1 și α_2 se iau în funcție de gradul de răcire a apei în sectoarele 1—2—4 și 1—3—4 care asigură temperaturile cele mai scăzute pentru priza de apă (punctul 4). In orice condiții $\alpha_1 Q_2$ nu poate fi mai mic decît Q_1.

Schemele de alimentare cu apă, redate în fig. 1 și fig. 2, prevăd trecerea apei de răcire într-o singură treaptă, cu ajutorul pompelor de circulație așezate fie în sala pompelor, fie lîngă condensatoare, în sala mașinilor.

In fig. 3 este redată o schemă de alimentare cu apă mixtă, apa de răcire trecînd prin două trepte. In acest scop se construiește o stație de pompare pe mal, pentru trimiterea debitului de apă Q_1, (cu temperatura t_1 corespunzătoare temperaturii apei din rîu) într-un canal deschis de aducție ,care devine canal închis pe platforma centralei electrice. In sala mașinilor, lîngă condensatoare, se instalează pompele de circulație cu presiune mică, cu capacitatea Q_p pentru trecerea apei de răcire din canalul de aducție în schimbătoarele de căldură (condensatoare, răcitoare de ulei, de gaze și de aer).

O parte din apa încălzită este evacuată în rîu iar o parte intră din nou prin canalul de legătură în canalul de aducție, este amestecată cu apa proaspătă adusă din priza de apă și este apoi din nou utilizată. In acest caz, temperatura de răcire a apei mixte se determină cu ajutorul formulei (1).

Schema trecerii apei de răcire în două trepte condiționează fie alimentarea periodică, fie alimentarea continuă a centralei termoelectrice cu apă mixtă, în funcție de temperatura apei din rîu, debitele rîului, presiunea pompelor din stația de pompare de pe mal, suprafața de răcire a canalelor pe sectorul 1—2—3—4 (fig. 3), de sarcina de abur a condensatoarelor și de condițiile meteorologice.

Schema în două trepte prezintă o serie de avantajii deoarece permite unele ameliorări, dintre care menționăm următoarele:

— Inlocuirea conductelor de presiune (fabricate de obicei din tablă de oțel) prin canale cu scurgere naturală săpate în pămînt, necăptușite ori căptușite cu piatră sau prundiș.

— Reducerea sau oprirea în întregime a pompării de apă proaspătă de către stația de pompare de pe mal în urma răcirii apei în circuitul de recirculație.

— Asigurarea funcționării tuturor pompelor: astfel se reduce consumul de energie pe unitatea de volum a apei debitate, se îmbunătățesc condițiile de reglare a pompelor, dispare necesitatea ventilelor, care introduc rezistențe hidraulice mari, se reduc rezistențele hidraulice locale, se elimină influența suprapresiunii pompelor care lucrează în paralel.

— Reglarea temperaturilor apei de răcire, corespunzătoare indicilor energetici ai instalației de condensare.

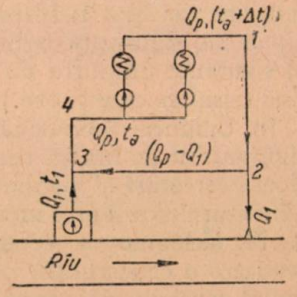


Fig. 3. Schema sistemului de alimentare cu apă mixtă, trecerea apei făcîndu-se în două trepte.

Avantajele tehnico-economice ale aplicării schemei cu debitarea apei de răcire în două trepte cresc pe măsură ce crește atît distanța dintre sursa de alimentare cu apă și centrala termoelectrică cît și suprafața de răcire a sistemului de recirculație și înălțimea geometrică de ridicare a apei de către stația de pompare de pe mal.

Metoda de alimentare mixtă cu apă de răcire a centralelor termoelectrice expusă de A. Denisov prezintă avantajul unor investiţii mai mici şi al unui cost mai redus al exploatării, dacă celelalte condiţii sînt egale. Calculele făcute pentru un caz concret, pe baza proiectului unei centrale termoelectrice sovietice, au arătat că pentru aceiaşi indici energetici de exploatare, principalele construcţii hidrotehnice de alimentare mixtă cu apă sînt de cel puţin două ori mai ieftine decît cele executate pentru vechiul sistem de alimentare cu apă de răcire. La o altă centrală termoelectrică din U.R.S.S. costul alimentării mixte cu apă a fost cu 25% mai mic decît al alimentării cu apă răcită prin turnuri de răcire iar cheltuielile anuale de exploatare au fost reduse aproape la jumătate.

V. R.

SIGURANŢELE DE ÎNALTĂ TENSIUNE DE TIPUL „PK"

Creşterea continuă a puterii sistemelor energetice a impus realizarea siguranţelor de înaltă tensiune cu mare putere de rupere. Domeniul de utilizare a siguranţelor s-a extins mult în ultimul timp datorită utilizării din ce în ce mai largi a întrerupătoarelor de sarcină. Uzinele constructoare sovietice livrează întrerupătoare de sarcină şi siguranţe fuzibile cu mare putere de rupere. Protecţia contra scurtcircuitelor este asigurată de siguranţe şi astfel valoarea puterii de rupere a întregii instalaţii este determinată de puterea de rupere a siguranţelor.

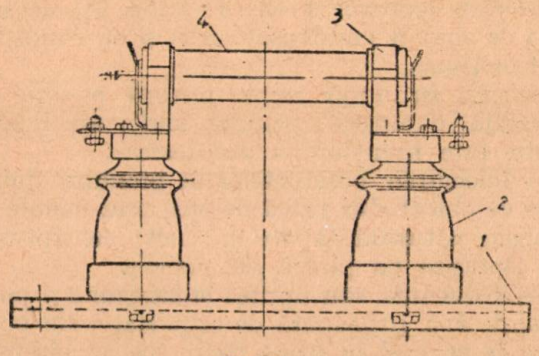


Fig. 1

Există diferite tipuri de siguranţe de înaltă tensiune ; ele pot fi împărţite în trei grupe principale : *a*) siguranţe tubulare cu suflare de gaze *b*) siguranţe umplute cu materiale de granulaţie fină (nisip de cuarţ etc.) şi *c*) siguranţe cu lichid.

In Uniunea Sovietică se dă o mare atenţie siguranţelor de înaltă tensiune. Astfel, prin laborioase cercetări şi probe de laborator, în cadrul „Institutului unional electrotehnic" (V.E.I.), ing A. M. Melcumov a reuşit ,în anii războiului să realizeze o construcţie originală de siguranţe de înaltă tensiune de mare putere de rupere, siguranţele de tipul PK, destinate protecţiei circuitelor de forţă şi de tipul PKT pentru protecţia transformatoarelor de tensiune. Aceste siguranţe se folosesc numai în instalaţii interioare.

In fig. 1 este reprezentată o siguranţă de tipul PK (de 6 kV — 100 A). Este un ansamblu format din două părţi principale : suportul (sau soclul) şi patronul cu încărcătura respectivă.

Suportul (soclul) este format din placa de bază *1*, izolatoarele de tip suport *2* care permit introducerea patronului în circuit şi legarea la linie. Contactele fixate pe plăcile pentru legături sînt formate din două lamele de alamă sau de cupru (pentru siguranţele de curenţi nominali peste 20 A), a căror arcuire este asigurată de un resort de oţel în formă de scoabă. Contactele pentru siguranţele de curenţi peste 20 A au şi zăvoare care asigură ca patroanele să nu iasă din contacte sub acţiunea forţelor electrodinamice. Pentru a monta mai uşor patronul în poziţia corectă şi pentru a împiedica alunecarea lui din contacte, acestea sînt prevăzute cu opritoare.

Patronul propriu-zis *4* este un tub de porţelan, în care este introdus fuzibilul.

La siguranţele de tip PK fuzibilul se execută din fire de cupru argintate. La siguranţele de curenţi nominali mici (pînă la 7,5 A) fuzibilul se înfăşoară pe un miez de material ceramic. La curenţi nominali mai mari nu este necesar miezul ceramic şi firele, în formă de spirală, sînt introduse în interiorul tubului. Patronul este apoi umplut cu nisip de cuarţ, uscat şi curat. La capetele patronului sînt prevăzute căpăcele de contact, de alamă. După introducerea fuzibilului şi umplerea cu nisip, patronul este etanşat prin lipituri de cositor.

Siguranţele PK au un indicator, care semnalează topirea fuzibilului.

Siguranţele PKT (pentru protecţia transformatoarelor de tensiune) sînt din punct de vedere constructiv la fel cu siguranţele PK. Firele fuzibile sînt însă de constantan. Ele nu au indicator pentru semnalizarea topirii fuzibilului.

Prin trecerea unui curent de suprasarcină (sau de scurtcircuit) fuzibilul se topeşte şi se evaporează. In locul unde au fost firele fuzibile apar arcuri electrice. Arcul are lungimea firului fuzibil, iar spaţiul în care are loc arcul este saturat cu vapori ionizaţi ai metalului firului fuzibil. Din cauza temperaturii înalte, aceşti vapori au o mare presiune locală, ceea ce face ca particulele ionizate să fie aruncate în direcţii transversale pe arc, în micile spaţii dintre grăunţele de nisip. In acest mod are loc o intensă răcire şi deionizare şi arcul se stinge. Deci nisipul fin de cuarţ

face posibilă stingerea rapidă a arcului, iar presiunea generală în patron rămîne aproape constantă.

In cazul curenţilor de întrerupere mici, topirea firului fuzibil nu se produce pe întreaga lui lungime de la început. Intîi se topeşte o porţiune mică, iar arcul care se formează se lungeşte prin topirea în continuare a firului fuzibil,

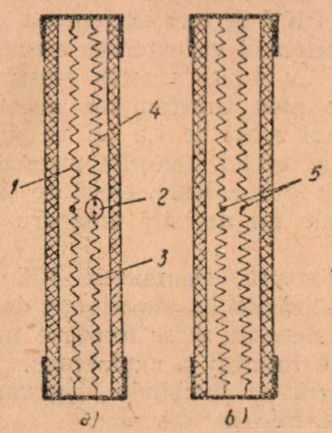


Fig. 2

pînă cînd se ajunge la lungimea necesară stingerii arcului. Acest lucru duce la o durată lungă de ardere a arcului. Cu cît curentul de întrerupere este mai mare, cu atît topirea firului fuzibil se produce pe o lungime mai mare, se atinge mai repede lungimea necesară de stingere a arcului şi deci durata arcului este mai mică.

La curenţi mari de întrerupere, fuzibilul se topeşte şi se vaporizează într-o fracţiune de semiperioadă aproape simultan pe întreaga sa lungime. Arcul are lungimea maximă posibilă. In acest caz stingerea arcului va fi deosebit de intensă. Curentul, din momentul formării arcului, scade brusc, astfel că în perioada următoare nu mai atinge valoarea amplitudinii.

Siguranţele PK şi KPT, avînd această importantă calitate, de a întrerupe curenţii de scurtcircuit înainte ca ei să atingă valoarea maximă corespunzătoare condiţiilor de scurtcircuit a reţelei, se denumesc siguranţe limitatoare de curent. Din cauza acestui mod de întrerupere rapid se produc supratensiuni. In momentul vaporizării fuzibilului, circuitul este întrerupt, deoarece vaporii de metal la temperatura de vaporizare nu conduc practic curentul. La întreruperea curentului, energia electromagnetică acumulată în circuit se eliberează şi tensiunea la siguranţă creşte, pînă cînd se produce străpungerea vaporilor metalului şi aprinderea arcului în siguranţă. Dacă nu se iau măsuri speciale, supratensiunile pot atinge valori mai mari decît de cinci ori tensiunea de funcţionare.

A. M. Melcumov, studiind supratensiunile şi metodele de combatere a lor, a reuşit să găsească soluţionarea acestei probleme.

Fig. 2 reprezintă soluţia folosită la fuzibilele pînă la 7,5 A. In afară de fuzibilul principal, se introduc în patroane fire fuzibile auxiliare cu o piesă de porţelan care formează o distanţă de străpungere. Firele ce vin la piesa de porţelan sînt de secţiuni diferite. Reducerea supratensiunilor se obţine în acest caz, în felul următor : după ce se topeşte fuzibilul principal *1*, creşte tensiunea la siguranţă, distanţa *2* este străpunsă şi circuitul se închide prin firele auxiliare. Din cauză că firele nu sînt de secţiuni identice, topirea şi vaporizarea lor nu se face simultan. Intîi de topeşte firul cu secţiune mai mică şi apoi cel cu secţiune mai mare. Datorită reducerii în acest fel a lungimii porţiunii străpunse de tensiunea crescută, supratensiunile nu ating valorile pe care le-ar fi atins în cazul cînd nu ar fi fost firele auxiliare.

Fig. 2, *b* reprezintă soluţia folosită la fuzibilele de curenţi nominali mai mari. In acest caz nu se mai folosesc fire auxiliare, ci însăşi firele fuzibile principale sînt executate în trepte pe secţiuni de diferite lungimi.

Din cele arătate mai înainte rezultă clar funcţionarea fuzibilelor cu diametre diferite pe lungime (în trepte) pentru limitarea supratensiunilor. Firele fuzibile auxiliare nu sînt necesare pentru limitarea supratensiunilor, care se obţin prin executarea în trepte a firelor fuzibile principale. La siguranţele de curenţi nominali pînă la 7,5A se folosesc fire fuzibile auxiliare şi miezurile ceramice din motive de ordin tehnologic.

In ultimii ani s-a renunţat la soluţia cu distanţa de străpungere. O indicăm totuşi pentru a fi cunoscută.

Prin soluţia dată de A. M. Melcumov, la siguranţele de tipul PK supratensiunile la întreruperea curenţilor de scurtcircuit sînt limitate la valori admisibile, pînă la maximum de 2,5 ori tensiunea de lucru.

Trebuie menţionat încă un lucru important la siguranţele de tipul PK. După cum se vede şi din fig. 2 pe mijlocul firelor fuzibile se lipeşte o bobiţă de cositor. Aceste bobiţe de cositor servesc la scăderea încălzirii patronului şi contactelor de către curenţii de suprasarcină. Metoda aceasta se numeşte „metoda solventului metalic", care constă în faptul că anumite metale uşor fuzibile (cositorul, plumbul, etc.) în stare de fuziune dizolvă metale greu fuzibile (cupru, argint).

A. M. Melcumov a arătat că fără solventul metalic temperatura medie de topire a firelor fuzibile la un timp de topire mai mare de 10 min, este aproximativ de 1 000°C pentru cupru şi de 860°C pentru argint, adică apropiată de temperatura de topire a acestor metale. In cazul cînd se foloseşte solventul, temperatura medie de topire a firelor scade. Astfel la firele de cupru, la care s-au lipit bobiţele de cositor după 25 min temperatura este aproximativ de 400°C şi cu creşterea timpului de topire la 100 de minute şi mai mult, temperatura atinge 280°C. Aplicîndu-se deci la siguranţele cu nisip solventul metalic (bobiţele de cositor) încălzirea datorită suprasarcinilor de lungă durată este redusă la valori admsibile.

Fuzibilul siguranţelor de tip PKT (pentru protecţia transformatoarelor de tensiune) se execută dintr-un fir de constantan format din trei secţiuni diferite pe lungimea firului, înfăşurat pe un miez ceramic.

Siguranţele de tipul PK se execută pentru tensiunile 3—6—10—35 kV şi pentru întreaga scară de curenţi nominali de la 2 A pînă la curentul maxim al tipului respectiv (2—3—5—7,5 —10 — 15 — 20 — 30 — 50 — 75 — 100 — 150 — —200—300—400 A.) Curenţii nominali maximi — la siguranţele PK de 3 kV — sînt de 400 A ; la 6 kV de 200 A ; la 10 kV de 100 A, iar la 35 kV de 20 A.

Siguranţele de tip PK şi PKT se livrează numai în execuţie monopolară.

Siguranţele PKT şi siguranţele PK pentru majoritatea curenţilor, au un singur patron.

Siguranţele de 150 — 200 A de 3 kV cele de 100—200 A de 6 kV, precum şi cele de 75—100 A la 10 kV se execută cu cîte două patroane, iar siguranţele de 300—400 A de 3 kV cu cîte 4 patroane.

Puterea maximă de rupere trifazată a siguranţelor PK este de 200 MVA.

Siguranţele PKT se execută în trei gabarite principale. Pentru tensiunile 3—6 şi 10 kV se foloseşte unul şi acelaş patron al siguranţei PKT-10 ; pentru 15 şi 20 kV patronul siguranţei PKT-20 ; pentru 35 kV patronul siguranţei PKT-35.

Timpul de topire la fuzibilele siguranţelor PKT este aproximativ de 3 minute la un curent de 1A şi de 1—2 s la un curent de 1,25 A. Puterea maximă de rupere trifazată este de 500 MVA la siguranţele de 3 kV şi de 1 000 MVA pentru celelalte tensiuni.

Intreruperea curenţilor de scurtcircuit cu siguranţele PKT se face extrem de rapid şi se limitează curentul ce parcurge circuitul la valori ominale. Cu toate acestea supratensiunile ce se produc prin funcţionarea acestor siguranţe nu sînt mai mari de 1,5 ori valoarea tensiunii nominale a reţelei. Datorită puterii lor mari de rupere şi a puternicului efect de limitare a curentului, ele nu necesită montare de rezistenţe adiţionale.

În exploatare, siguranţele PK şi PKT au dovedit calităţile lor superioare de funcţionare. Este însă necesar să se respecte întocmai prescripţiile de montaj şi exploatare.

După arderea fuzibilului, siguranţele se reîncarcă şi se folosesc din nou.

Reîncărcarea trebuie să fie făcută fie la fabrica producătoare fie în ateliere special autorizate, unde sînt asigurate toate condiţiile pentru o riguroasă respectare a regulilor de încărcare a patroanelor.

J. Weisman

PRESCRIPŢIILE DE EXPLOATARE TEHNICĂ A CENTRALELOR ŞI REŢELELOR ELECTRICE

Ministerul Energiei electrice şi Industriei Electrotehnice a aprobat „Prescripţiile de exploatare tehnică a centralelor şi reţelelor electrice", care au apărut în Editura Energetică de Stat.

„Prescripţiile" (PET) apărute, constituie lucrarea de bază a sectorului energetic din R.P.R. ele trasînd liniile directoare unice asupra felului cum trebuie proiectate, construite şi exploatate instalaţiile pentru producerea, transportul, distribuţia şi utilizarea energiei electrice.

Respectarea „Prescripţiilor" devenite obligatorii pe întreaga Republică în baza articolului 5 din HCM Nr. 539/1954 va conduce la rezolvarea tuturor problemelor legate de construcţia şi exploatarea instalaţiilor energetice, avînd ca urmare :

— executatea planului de stat în ceea ce priveşte producţia de energie electrică şi acoperirea vîrfului de sarcină stabilit ;

— realizarea unei funcţionări sigure, fără întrerupere a unui sistem energetic în ansamblu şi al fiecărui element al său în parte şi ;

— menţinerea parametrilor tehnici, care caracterizează calitatea energiei : frecvenţa şi tensiunea în sistemele electrice, presiunea, temperatura aburului şi temperatura apei în reţelele termice.

Rezolvarea acestor probleme de către fiecare instalaţie electrică, care face sau nu parte dintr-un sistem energetic, are o importanţă enormă în economia socialistă, în care, electrificarea stă la baza tuturor celorlalte industrii.

„Prescripţiile" sînt destinate întregului personal — de la director pînă la muncitor — al întreprinderilor de exploatare, de construcţii şi montaj şi al institutelor de proiectări a instalaţiilor pentru producerea, transportul, distribuţia şi utilizarea energiei electrice.

„ Prescripţiile", conţin şase părţi :

Partea I-a — Generalităţi — cuprinde capitolele 1—5 care tratează structura organizatorică a întreprinderilor, centralelor şi reţelelor electrice, recepţia pentru darea în exploatare a construcţiilor şi echipamentului, pregătirea personalului, tehnica securităţii şi responsabilitatea pentru aplicarea prescripţiilor.

Partea II-a — formată din trei capitole (VI, VII, şi VIII) se referă la teritoriul, clădirile, construcţiile, instalaţiile tehnico-sanitare, instalaţiile sociale şi instalaţiilor feroviare ale centralelor electrice.

Partea III-a tratează în unsprezece capitole (IX—XX) toate problemele de bază privind construcţia şi exploatarea instalaţiilor pentru producerea şi distribuţia energiei termice. Capitolele IX-XI sînt rezervate combustibilului şi se ocupă cu descărcarea, manipularea, depozitarea şi alimentarea cu combustibil solid şi lichid, prepararea combustibilului lichid pentru motoarele Diesel, pregătirea combustibilului solid, concasarea şi prepararea prafului de cărbune.

Capitolele XII— XIV tratează problemele referitoare la instalaţiile de cazane (condiţii constructive, pornire, oprire, exploatare şi reparaţii), captarea şi evacuarea cenuşei, conductele, instalaţiile de reducere-răcire, transformatorii de abur, vaporizatorii, rezervoarele de apă şi pompele de apă.

Capitolul XV cuprinde turbinele de abur cu toate instalaţiile şi aparatura aferentă, iar capitolul XVI instalaţiile de termoficare ale centralelor.

Problema apei de alimentare este tratată în capitolul XVII care stabileşte normele de calitate a aburului şi a apei, instalaţiile de epurare chimică a apei, preparea apei în secţiile termice ale centralelor electrice şi controlul chimic al apei şi al aburului.

Capitolul următor — XVIII — cuprinde aparatele de măsurat termice şi regulatoarele automate ale proceselor termice, iar capitolul XIX, reţelele termice.

Motoarele Diesel şi instalaţiile aferente sînt tratatre în capitolul XX.

Partea IV-a — Construcţii hidrotermice şi hidroeconomia centralelor electrice — tratează în şase capitole (XXI — XXVI) despre controlul stării construcţiilor hidrotehnice, reglarea nivelurilor şi debitelor de apă, înlăturarea greutăţilor provocate de gheţuri, înlăturarea aluviunilor şi depunerilor de mîl, echipamentul mecanic al amenajărilor hidrotehnice, instalaţiile de turbine hidraulice, regimul centralelor electrice, turnurile de răcire bazinele de stropire şi deservirea hidrologică şi meteorologică a centralelor electrice.

Partea V-a cuprinde în 15 capitole (XXVII-XLI) toate problemele privind construcţia şi exploatarea instalaţiilor pentru producerea şi distribuirea energiei electrice : generatori, compensatori sincroni, motoare electrice, transformatoare, instalaţii electrice de distribuţie, instalaţii de scumulări, instalaţii de protecţie prin relee, automatizări, acţionări la distanţă, circuite secundare, aparate electrice de măsurat, tablouri de comandă, iluminatul, punerea la pămînt, protecţia contra supratensiunilor. liniile aeriene de energie electrică, reţelele de cabluri electrice subterane, telecomunicaţiile şi gospodăria de ulei.

Partea VI-a conţine şase capitole (XLII-XLVII) şi se ocupă cu organizarea exploatării. Primul capitol al acestei cărţi — comanda prin dispeceri — cuprinde : stabilirea regimului, schema conexiunilor electrice ale unui sistem energetic, graficul sarcinilor active, reglajul frecvenţei, reglajul tensiunii, ordinea scoaterii echipamentului din funcţiune şi ordinea de lichidare a avariilor în sistemele energetice. Capitolele următoare se ocupă de modul de executare a manevrelor în instalaţiile electrice, obligaţiile personalului de tură, indicii tehnico-economici, evidenţă tehnică, reparaţia echipamentului şi documentaţia tehnică necesară oricărei unităţi energetice.

Pe baza „Prescripţiilor de exploatare tehnică a centralelor şi reţelelor electrice" Ministerul Energiei Electrice şi Industriei Electrotehnice elaborează instrucţiuni menite să detalieze şi să precizeze diferitele capitole şi articole din „Prescripţii". Din această scurtă trecere în revistă a instalaţiilor şi problemelor trasate se vede că, „Prescripţiile" formează un tot complet, necesar oricărei întreprinderi ce produce, transportă şi distribuie energie electrică chiar numai pentru propriile ei nevoi. „Prescripţiile" apărute reprezintă o îmbinare perfectă a tehnicii construcţiei cu cea a exploatării instalaţiilor, ele fiind rezultatul unei vaste experienţe a energeticienilor sovietici şi romîni. „Prescripţiile" Ministerului Energiei Electrice şi Industriei Electrotehnice trebuie să fie aplicate şi respectate de toţi tocmai cum în Uniunea Sovietică este aplicată şi respectată „Pravila" Ministerului Centralelor Electrice.

Interesul pe care îl menifestă în Uniunea Sovietică asemenea prescripţii se poate vedea din revistele sovietice de specialitate. In aproape fiecare număr al acestor reviste se găsesc întrebări ale tehnicienilor şi inginerilor şi răspunsuri ale Direcţiei Tehnice din Ministerul Centralelor Electrice din U.R.S.S. cu privire la diferite chestiuni cuprinse în prescripţiile, instrucţiunile şi regulamentele eleborate de aceasta.

De sigur că şi la noi se va manifesta acelaşi interes în rîndul tehnicienilor şi inginerilor energeticieni, care vor adresa revistelor noastre de specialitate diferite întrebări pentru lămurirea anumitor probleme tratate în „Prescripţiile de exploatare tehnică a centralelor şi reţelor electrice întrebări la care răspunsurile nu vor întîrzia să apară.

Ing Gh Manoleseu

REZOLUŢIA CONSFĂTUIRII

PRIVIND STABILIREA ŞI REDUCEREA CONSUMURILOR SPECIFICE DE ENERGIE ELECTRICA IN INDUSTRIE

In zilele de 6 şi 7 august a. c. a avut loc la Bucureşti consfătuirea pe ţară privind „Stabilirea consumurilor specifice de energie electrică în industrie şi reducerea lor progresivă", organizată de secţia electricitate a Consiliului Central A.S.I.T. La lucrările acestei consfătuiri au luat parte ingineri şi tehnicieni, tehnologi şi energeticieni din ministerele şi întreprinderile tuturor ramurilor industriale precum şi din institutele de cercetări şi proiectări.

Primul referat expus a fost al colectivului de energetică generală al Institutului de Energetică al Academiei R. P. R.; s-a expus în mod amplu importanţa deosebită pe care o are pentru economia şi dezvoltarea industrială, folosirea raţională a energiei electrice şi de altfel a energiei în general. S-au arătat rezultatele obţinute în Uniunea Sovietică, prin urmărirea şi reducerea consumurilor specifice de energie electrică, trecîndu-se apoi la explicarea sistematică a căilor de reducere a acestor consumuri.

Alte referate au arătat preocupările ce au existat pentru problema consumurilor specifice de energie electrică în industria petrolului, metalurgică şi constructoare de maşini, chimică, uşoară şi a cimentului.

Ele au cuprins constatări şi măsuri ce s-au luat pe o întreagă ramură industrială sau pentru cîteva produse de bază sau, cum a fost cazul la ciment, studiul consumului pentru întreg procesul tehnologic.

Numeroşi participanţi au luat cuvîntul. La deschiderea consfătuirii, tov ing. Gh. Cioară, Ministrul Energiei Electrice şi Industriei Electrotehnice, a trecut în revistă dezvoltarea industriei energetice prin construirea în ultimii ani a unor mari termocentrale şi hidrocentrale electrice precum şi extinderea reţelelor de transport şi distribuţie a energiei electrice. De asemenea, a ţinut să accentueze că energia sporită de care se dispune în prezent şi din ce în ce mai mult în viitor, trebuie folosită cît mai bine, cunoscîndu-se cît mai exact nevoile şi întrebuinţîndu-se din plin puterea disponibilă.

Alţi vorbitori au subliniat importanţa problemei, au scos în evidenţă necesitatea unor acţiuni adînci şi bine organizate. S-a arătat şi greutatea pe care a constituit o echiparea insuficientă cu aparate de măsură, cadre insuficiente de energeticieni etc.

Rezoluţia consfătuirii menţionează aceste obiective.

REZOLUŢIA CONSFĂTUIRII

I. Inginerii şi tehnicienii, tehnologii şi energeticienii din întreprinderi şi ministere, întruniţi la Bucureşti în 6 şi 7 august 1954 de Consiliul Central ASIT şi Institutul de Energetică al Academiei R.P.R., pentru a dezbate problema normării consumurilor specifice de energie electrică în industrii şi reducerea lor progresivă, constată cu satisfacţie însemnatele progrese realizate de poporul nostru muncitor condus de Partidul Muncitoresc Romîn în opera de industrializare şi electrificare a ţării, realizată cu sprijinul multilateral al Uniunii Sovietice în cei zece ani ce au trecut de la eliberarea de către glorioasele ei armate.

In timpul relativ scurt ce a trecut de la cucerirea puterii de către regimul de democraţie populară, în baza planului de electrificare a ţării, industria energetică a căpătat o mare dezvoltare. Dispunîndu-se de surse sporite de energie electrică, s-au creiat industrii noi, s-au dezvoltat cele existente şi s-au modernizat numeroase procese de producţie.

Economia de combustibil şi de energie electrică în sectoarele industriale şi a transporturilor prezintă o importanţă deosebită şi în lumina hotărîrilor plenarei lărgite a Comitetului Central al P.M.R. din august 1953; prin economia de combustibil şi energie electrică în industrie şi transporturi, se va putea pune la dispoziţia agriculturii şi pentru ridicarea nivelului de trai material al oamenilor muncii, din ce în ce mai mari cantităţi de combustibil şi de energie electrică, fără a fi necesare noi investiţii.

Pentru folosirea raţională a energiei electrice, pentru o serie de produse şi operaţii de bază ale unor ramuri industriale ca : oţel, fontă, ciment, forajul şi extracţia petrolului, soda caustică, carbid, acid sulfuric, etc., s-au urmărit consumurile specifice, căutîndu-se şi cauzele care determină consumuri sporite şi luîndu-se măsuri de ameliorare.

Consfătuirea ASIT pe ţară din 4—5 iulie 1954 a stabilit acţiunile necesare ameliorării factorului de putere în instalaţiile electrice, acţiuni ce au fost întreprinse apoi mai ales în unele întreprinderi petrolifere din regiunea Ploieşti şi în unele întreprinderi metalurgice din Arad, etc.

II. Cu toate realizările obţinute, sînt încă numeroase şi însemnate lipsuri şi deficienţe în modul în care industriile întrebuinţează energia electrică în procesele de fabricaţie. Aceasta se datoreşte în primul rînd lipsei unor bune şi complete evidenţe a consumurilor de energie electrică în cele mai multe întreprinderi; în special prin aceaste evidenţe se pot constata şi înlătura pierderile mari de energie electrică provocate de procese tehnologice neraţionale, învechite, rău conduse.

Tehnologii şi energeticienii şefi din ministere şi întreprinderi nu au dat atenţia cuvenită folosirii cît mai raţionale a energiei electrice, urmărind adeseori realizarea planului de producţie numai sub aspectul cantităţii. In masele largi de muncitori şi tehnicieni nu a fost cultivat interesul pentru economia de energie electrică, termică, etc.; această problemă a fost prea puţin un obiectiv al întrecerii socialiste.

Lipsa de aparate de măsură şi de documentaţie tehnică, insuficienta autoritate acordată energeticienilor, precum şi în numeroase cazuri specializarea insuficientă a acestora, sau chiar lipsa completă a acestui personal, au determinat de asemenea lipsa unor acţiuni largi de stabilire şi ameliorare a consumurilor specifice de energie electrică.

III. Constatînd că pentru industrializarea mai departe cu succes a ţării noastre, trebuie să se dea atenţia cuvenită folosirii cît mai raţionale a energiei de care se dispune în fiecare moment, participanţii la consfătuire consideră că este necesar să se aibă în vedere următoarele obiective principale :

1. Insuşirea de către conducerile departamentelor şi întreprinderilor a necesităţii imperioase a îmbunătăţirii continue a gospodăririi energiei şi în acest cadru, acţiunea de urmărire, normare şi reducere a consumurilor specifice de energie.

2. Atragerea energeticienilor, tehnologilor şi mecanicilor din departamente, a institutelor de cercetări şi proiectări ale departamentelor şi catedrelor din învăţămîntul superior în acţiuni organizate în întreprinderi pentru normarea şi reducerea consumurilor specifice de energie.

3. Asigurarea condiţiilor de lucru organizatorice, materiale şi morale a energeticienilor din întreprinderi şi departamente.

4. Asigurarea bazei materiale pentru punerea în practică a acţiunii de stabilire şi urmărire, normare şi reducere a consumurilor specifice de energie prin asigurarea cu cadre de specialitate, ridicarea continuă a calificării acestor cadre precum şi prin fabricarea aparaturii şi instalaţiilor necesare şi dotarea întreprinderilor cu acestea.

5. După exemplul U.R.S.S. şi a ţărilor de democraţie populară, transformarea acţiunii de reducere a consumurilor specifice de energie într-o mişcare de masă a muncitorilor, tehnicienilor, inginerilor şi economiştilor, cu sprijiniul activ al organizaţiilor de masă.

IV. Avînd în vedere cele de mai sus, consfătuirea consideră necesar să facă următoarele recomandări pentru ministerele, organizaţiile centrale ,întreprinderile industriale şi organizaţiile de masă :

1. Departamentele să ia măsurile necesare pentru aducerea la îndeplinire cu stricteţe a prevederilor H.C.M. Nr. 538 şi 539/954 privitoare la raţionalizarea consumurilor de energie electrică în într eprinderile industriale.

In acest scop să se ia măsurile necesare pentru :

a) numirea în întreprinderi şi în ministere ca energeticieni şefi sau responsabili energetici, de persoane de specialitate şi care să se ocupe numai de problemele energetice ;

b) dotarea întreprinderilor industriale cu aparatele de măsură necesare pentru stabilirea şi urmărirea consumurilor specifice de energie electrică, pentru îmbunătăţirea factorului de putere, pentru aplatizarea curbei de sarcină, etc. ;

c) introducerea în întreprinderi a unor evidenţe raţionale pentru urmărirea continuă a consumurilor specifice a energiei electrice pe unitatea de produs.

2. Departamentele să ia toate măsurile necesare pentru a transmite tuturor întreprinderilor industriale în subordine sarcini precise de stabilire a consumului specific de energie electrică pentru fiecare produs, pentru fiecare operaţie sau pentru fiecare consum de energie şi a face propuneri de normare, ţinînd seama de propunerile din referatele prezentate la consfătuire şi discuţiile ce au urmat.

Departamentele să urmărească continuu pe teren realizarea studiilor ce trebuie să se facă în acest sens.

3. De asemenea, departamentele să ia măsurile necesare pentru a transmite întreprinderilor industriale în subordine sarcina începerii acţiunii de reducere a consumurilor specifice de energie electrică. In acest scop fiecare întreprindere industrială să-şi întocmească un prim plan de măsuri tehnico-organizatorice pentru reducerea consumurilor specifice de energie electrică, care să cuprindă două părţi :

a) măsuri care se pot realiza fără investiţii sau cu investiţii ce pot fi făcute imediat din fondurile proprii sau ale departamentului respectiv ;

b) măsuri care necesită cercetări sau investiţii mai importante şi care deci se pot realiza numai după întocmirea proiectelor respective şi obţinerea fondurilor corespunzătoare ; pentru aceste lucrări, întreprinderile să se îngrijească însă de contractarea întocmirii cercetărilor şi proiectelor necesare la institutele de cercetări şi proiectări de specialitate din cadrul departamentului sau dinafara departamentului respectiv.

In măsurile tehnico-organizatorice anuale pe care întreprinderile industriale le vor întocmi pentru 1955 şi anii următori, să figureze în mod obligatoriu un capitol separat privind îmbunătăţirea gospodăririi energetice.

Energeticienii şefi din departamentele direcţiei tutelare să îndrume de aproape şi să controleze pe teren realizarea acţiunii de normare şi reducere a consumurilor specifice de energie electrică.

4. Departamentele să ia măsurile necesare pentru ca direcţiile generale tehnice, institutele de cercetări şi de proiectări departamentale să dea întreprinderilor toată asistenţa tehnică de care au nevoie în această acţiune, ca întreprinderile prin direcţiile generale tehnice să transmită institutelor de cercetări şi proiectări ale departamentului respectiv şi ale altor departamente, institutelor de cercetări ale Academiei R.P.R. şi catedrelor din învăţămîntul superior, teme de cercetări sau studii şi cereri de colaborare sau asistenţă tehnică care să fie incluse în planurile de lucru ale institutelor şi catedrelor.

5. Departamentele să dirijeze mişcarea inovatorilor înspre acţiunea de reducere a consumurilor specifice de energie. In acest scop, în tematicele de inovaţie să se prevadă obligator teme în legătură cu această acţiune, iar inovaţiile, raţionalizările, etc. care se pot generaliza să fie extinse la toate întreprinderile interesate.

6. Departamentele să ia de pe acum măsurile necesare pentru a extinde în viitorul apropiat acţiunea de normare şi de reducere a consumurilor specifice de energie pe unitatea de produs industrial şi asupra celorlalte forme de energie, în special asupra energiei calorice.

7. Ministerul Energiei Electrice şi Industriei Electrotehnice să ia măsurile necesare pentru desăvîrşirea organizării inspecţiei energetice, completarea cu cadrele necesare a inspecţiilor energetice regionale şi să orienteze organele acestor inspecţii pentru a ajuta şi îndruma într-o primă etapă întreprinderile industriale în acţiunea de normare şi reducere a consumurilor specifice de energie.

8. M.E.E.I.E. în colaborare cu departamentele industriale să întocmească un regulament tip de organizare şi funcţionare a serviciului energeticianului şef din ministere, direcţii generale industriale şi întreprinderi. Este de dorit ca acest regulament să fie elaborat şi oficializat pînă la 1 octombrie 1954, pentru a se putea ţine seama de el la definitivarea planului pe 1955. Prin acest regulament să se dea energeticienilor şefi din întreprinderi şi departamente, toată autoritatea necesară pentru buna rezolvare a tuturor problemelor energetice ale întreprinderilor.

9. M.E.E.I.E. să intensifice producerea de aparate electrice de măsură şi maşini necesare îmbunătăţirii factorului de putere, aplatizării curbei de sarcini, etc.

10. M.E.E.I.E. în colaborare cu departamentele interesate, cu sprijinul Academiei R.P.R. şi a Consiliului Central şi filialelor ASIT, să organizeze începînd din toamna anului 1954, în Bucureşti şi în centrele industriale mai importante din ţară, cursuri pentru ridicarea nivelului tehnico-profesional a energeticienilor din departamente şi întreprinderile industriale, cu sau fără scoaterea din producţie a cursanţilor.

11. Ministerul Învăţămîntului să introducă în programele analitice ale cursurilor de electrotehnică, termotehnică şi utilizarea energiei, ale şcolilor tehnice medii şi superioare pentru diversele ramuri industriale, capitole speciale privind stabilirea, analiza, normarea şi reducerea consumurilor specifice de energie electrică, calorică, etc.

De asemenea în şcolile tehnice medii şi superioare de energetică, la cursurile de utilizare a energiei, să se trateze stabilirea, analiza şi normarea consumurilor specifice de energie în legătură cu procesele tehnologice ale diferitelor ramuri industriale.

12. Editura Energetică să ia măsuri pentru intensificarea publicaţiilor din domeniul energeticei industriale şi în special al normării şi reducerii progresive a consumurilor specifice de energie.

13. Organizaţiile de masă şi în special comitetele de întreprinderi şi comitetele centrale sindicale pe ramură, să popularizeze şi să sprijine acţiunea de stabilire ,normare şi reducere a consumurilor specifice de energie, prin includerea acestei probleme în obiectivele de întreceri socialiste în tematicele de inovaţii, etc.

14. Intrucît îmbunătăţirea factorului de putere face parte integrantă din acţiunea de reducere a consumurilor specifice de energie electrică, este necesar ca rezoluţia consfătuirii ASIT de la Sibiu din 4—5 iulie 1953 să fie adusă la îndeplinire de toate organele interesate.

15. Cercurile ASIT din întreprinderi au sarcina :

a) de a sprijini în mod efectiv conducerea întreprinderilor în acţiunea de stabilire pe baze ştiinţifice a consumurilor specifice de energie ;

b) de a populariza în masele largi ale muncitorilor, tehnicienilor şi inginerilor din întreprinderi, importanţa normării şi reducerii continue a consumurilor specifice de energie ;

c) de a contribui în mod activ la elaborarea măsurilor tehnico-organizatorice şi la întocmirea tematicelor de inovaţii, astfel ca ele să includă măsuri şi teme referitoare la reducerea consumurilor specifice de energie ;

d) de a contribui la realizarea măsurilor tehnico-organizatorice a inovaţiilor şi raţionalizărilor şi la generalizarea lor ;

e) de a contribui în mod activ la acţiunea de ridicare a nivelului tehnico-profesional al energeticienilor din întreprinderi ;

f) de a stimula publicarea de articole originale şi discuţii privind problema consumurilor specifice de energie.

16. Să se publice într-un număr special al revistei Energetica materialul consfătuirii, iar în revistele de specialitate să se publice cîte o dare de seamă privind lucrările consfătuirii şi materialul privind ramura respectivă.

In general, pentru o cît mai largă difuzare, materialele privind stabilirea, normarea şi reducerea consumurilor specifice de energie să fie publicate atît în revista Energetica cît şi în revista de specialitate a fiecărei ramuri industriale.

Participanţii la consfătuire întîmpină cea de a zecea sărbătoare a eliberării patriei noastre cu hotărîrea fermă de a contribui prin toate mijloacele la acţiunea de stabilire, normare şi reducere a consumurilor specifice de energie electrică în industrie. Ei chiamă pe inginerii şi tehnicienii din toate întreprinderile, să ia parte activă la acţiunea largă şi stăruitoare ce trebuie să se ducă în acest sens.

DORIN PAVEL: Maşini hidraulice. Editura Energetică de Stat, 1954, 490 pag. + 27 planşe.

Prima maşină din ciclul transformărilor energetice, cu care omul a început să stăpînească forţele naturii a fost motorul hidraulic, sub forma sa străveche, păstrată însă şi pînă în zilele noastre: roata hidraulică care acţionează moara, piua, şteampul. Trebuie menţionată în această privinţă şi roata hidraulică de ridicat apă pentru a servi la irigaţii.

In prezent, pentru a produce energia electrică necesară industriei, agriculturii, transporturilor, iluminatului public şi particular, nevoilor culturale şi sociale, serveşte maşina hidraulică modernă, turbina, cu ajutorul căreia se transformă energia hidraulică în energie mecanică. Turbina este capul de linie tehnologică pentru producerea curentului electric cu ajutorul energiei hidraulice. Pentru alimentarea cu apă a oraşelor, pentru irigarea terenurilor agricole, pentru manipularea uşoară a fluidelor în instalaţii energetice, industriale sau de transport sînt necesare diferite categorii de pompe şi dispozitive hidraulice.

In lucrarea „Maşini hidraulice", prof. Dorin Pavel, laureat al Premiului de Stat, expune teoria, proiectarea şi construcţia turbinelor hidraulice.

Autorul trece în revistă, în introducere, problemele hidromecanice legate de amenajare integrală a apelor şi se opreşte la proiectarea, construirea, montarea şi punerea în exploatare a maşinilor hidraulice. Aceste maşini combinate cu diferite construcţii şi instalaţii hidromecanice sînt necesare la mai toate folosinţele apei: turbinele, regulatoarele, vanele sînt folosite în uzinele hidroelectrice, pompele servesc la irigaţii şi asanări de terenuri, staţiile de pompare servesc la alimentarea cu apă a navigaţiei, a ecluzelor, a fabricilor etc.

Partea I-a a lucrării este consacrată noţiunilor generale legate de obiectul lucrării. In primul capitol, se dau definiţiile şi clasificarea maşinilor hidraulice după natura fluidului şi clasificarea maşinilor cu lichide. Se tratează apoi utilizările hidraulice, hidromecanice, irigaţiile, regularizarea cursurilor rîurilor, navigaţia interioară şi celelalte utilizări ale maşinilor hidraulice.

In capitolul II se examinează succint dezvoltarea maşinilor hidraulice .Acest capitol are o deosebită însemnătate tehnică şi culturală generală în acelaşi timp fiindcă trasînd în istoria tehnicii epocile principale ale dezvoltării maşinilor hidraulice oferă cititorului prilejul de sinteză ştiinţifică în legătură cu dezvoltarea istorică a societăţii în diferitele orînduiri. Autorul se opreşte pe rînd la roţile de apă din antichitate, la motorul hidraulic din evul mediu şi la răspîndirea motoarelor de apă mai perfecţionate de la începutul evului modern, cînd marile descoperiri geografice au cerut sporirea considerabilă a producţiei şi au apărut manufacturile în care marile maşini de tesut, de prelucrat metalele, de scos minereurile, de zdrobit rocile, erau acţionate de puternice roţi de apă. Autorul trece apoi la studiul dezvoltării maşinilor pe baza hidrodinamicei ştiinţifice şi se ocupă de maşinile hidraulice contemporane.

In capitolul III sînt date noţiuni generale de hidraulică în legătură cu maşinile hidraulice şi echipamentele hidromecanice, cum şi cele care privesc amenajările hidroenergetice.

Partea II-a a cărţii este destinată studiului motoarelor hidraulice şi este împărţită în şapte capitole, alcătuite proporţionat.

In capitolul IV, se dă clasificarea motoarelor hidraulice şi anume a roţilor hidraulice după poziţia axului, după admisia apei, după principiul energetic şi după modul de construcţie; se dă apoi clasificarea motoarelor hidraulice şi în fine a turbinelor hidraulice, care sînt clasificate după admisia apei, rapiditatea, poziţia axului, numărul roţilor, construcţia exterioară etc.

După această clasificare metodică de o deosebită valoare tehnică şi în acelaşi timp didactică, autorul consacră capitolul V descrierii motorului hidraulic. Sînt examinate amănunţit roţile hidraulice cu admisie superioară, laterală şi inferioară, atît din epoca veche cît şi cele din secolul trecut şi cele perfecţionate. Motoarele hidraulice şi roţile de curent sînt de asemenea descrise pentru ca apoi, în ordinea dezvoltării, autorul să treacă la descrierea turbinei hidraulice de presiune egală, şi de suprapresiune: centrifugă, centripetă, elicoidală, etc.

După aceste cinci capitole care cuprind noţiuni, descrieri, clasificări şi elemente de dezvoltare istorică, care ocupă o treime din volum şi sînt ilustrate cu 148 de figuri, scheme, grafice şi dezvoltările fizico-matematice aplicate la energia hidraulică, autorul trece în capitolul VI la elementele de proiectare şi calcul a maşinilor hidraulice. In capitolul VI este tratată prima formă a roţii de apă: roata rudimentară cu admisie superioară laterală, inferioară, roata de curent rudimentară şi perfecţionată. Materia studiată este legată în diferitele capitole de realizările epocei în ţara noastră: roata cu linguri, roata cu făcaie, care se mai întîlnesc şi astăzi prin Oltenia şi Transilvania, etc.

Capitolul VII cuprinde baza teoretică a turbinei cu suprapresiune: ecuaţiile de bază din hidraulică, studiul rapidităţii turbinelor, similitudinea turbinelor cu suprapresiune, relaţiile teoretice între viteză, cădere şi randament etc.

Calculul şi proiectarea turbinelor Francis formează obiectul capitolului VIII. Se dă antidimensionarea gabaritelor calculul şi proiectarea rotorului, calculului statorului, melcului, aspiratorului şi alte date constructive.

In capitolul IX sînt cuprinse calculul şi proiectarea turbinelor Kaplan. Antidimensionarea se face în diferite moduri: după metoda similitudinii, metoda statistică, metoda sovietică normalizată şi nenormalizată, metoda Vadot ş. a. Se dau calculele de rezistenţă la rotor şi la celelalte organe precum şi detalii constructive.

Capitolul XI care încheie primul volum al lucrării prof. Dorin Pavel. cuprinde calculul şi proiectarea turbinelor Pelton de egală presiune. Autorul dă în primul rînd teoria acestei turbine, antidimensionarea ei după o metodă proprie, apoi calculul şi proiectarea rotorului şi a statorului calculul de rezistenţă şi detalii constructive.

Tot în acest capitol este tratată şi turbina Banki.

Autorul însoţeşte expunerea teoretică, calculul şi datele de proiectare, cu numeroase aplicaţii şi exemple care se află la sfîrşitul fiecărui capitol, începînd de la capitolul VII şi pînă la capitolul X inclusiv. Multe din metodele de calcul sînt originale, ale autorului, şi aplicaţiile se bazează pe experienţa şi realizările din ţara noastră.

Cartea nu este dezlegată de problemele epocii actuale: grija pentru dezvoltarea agriculturii. Se dau cîteva tipuri de turbine hidraulice pentru microcentralele rurale şi se arată modul de utilizare pentru electrificarea rurală în vederea mecanizării muncilor grele din agricultură şi din industriile legate de agricultură.

Volumul al doilea al lucrării „Maşini Hidraulice" care se află sub tipar tratează despre regulatoarele, echipamentele hidromecanice, pompele, transformatoarele hidraulice, iar pentru legarea teoriei de practică se dau noţiunile necesare de montaj şi exploatare.

Autorul foloseşte pentru îmbogăţirea expunerii sale şi justa orientare a cunoştinţelor pe care le comunică cititorului, o bogată bibliografie sovietică şi prin numeroasele metode noi, între care realizările sovietice ocupă un loc de frunte, autorul dă şi multe metode ale sale proprii. El trece astfel tinerilor generaţii de hidrotehnicieni practica şi experienţa sa de peste trei decenii, în proiectarea şi exploatarea maşinilor hidraulice şi ca profesor de specialitate în institutele noastre superioare de învăţămînt tehnic.

Lucrarea prof. Dorin Pavel este un manual de nivel ştiinţific şi tehnic superior, ea se adresează studenţilor din institutele politehnice, care urmează specialitatea hidrotehnica şi construcţia de maşini, precum şi inginerilor din institutele de proiectare.

Cartea „Maşini hidraulice" prin materialul practic pe care îl conţine, prin numeroasele aplicaţii numerice, prin bogăţia de date şi expunerea metodică alcătuieşte un ajutor preţios şi pentru inginerii şi tehnicienii din uzine şi de pe şantier, care vor să se specializeze în domeniul hidromecanicei aplicate sau să aprofundeze studiul maşinilor hidraulice în vederea diferitelor aplicaţii ale acestor cunoştinţe.

Materialul expus este atît de bogat, încît pentru a-l cuprinde în spaţiul a 500 de pagini a fost nevoie ca autorul să comprime expunerea, ceea ce de multe ori cere cititorului un efort pentru însuşirea subiectului. Cele 27 de planşe care însoţesc textul adăugate la cele aproape 450 figuri, sînt de un deosebit ajutor pentru cuprinderea materialului.

IGNAT I. SAPHIER : Recuperarea pierderilor de căldură din industrie, *Editura Academiei R.P.R., 1953.*

In lupta pentru construirea socialismului, îmbunătăţirea folosirii mijloacelor de producţie ale întreprinderilor joacă un rol deosebit de important. Dacă asupra mai bunei folosiri a unora din mijloacele fixe şi circulante — maşini, instalaţii, materii prime etc. s-a scris relativ destul de mult, existînd din partea tehnicienilor o preocupare serioasă în această direcţie, asupra celorlalte categorii de mijloace circulante — combustibil şi energie — preocuparea pentru mai buna utilizare a acestor mijloace de producţie a fost destul de slabă.

De aceea, apariţia în literatura noastră tehnică a unei lucrări, care se ocupă de problemele legate de o mai bună folosire a combustibililor şi a energiei şi de recuperarea pierderilor de căldură din industrie, trebuie privită ca o contribuţie preţioasă la dezvoltarea ştiinţei şi tehnicii în R.P.R.

Pe măsura dezvoltării progresului tehnic, dezvoltare legată de cereri tot mai mari de energie, se pune tot mai acut problema economiei de energie în general şi a economiei de combustibil în special. Se creează noi forme — socialiste — de folosire şi gospodărire a energiei produse, în primul rînd folosirea resurselor energetice secundare ale producţiei industriale.

Bazîndu-se pe bogata experienţă a Uniunii Sovietice — ţara unde utilizarea acestor resurse secundare se face într-o însemnată proporţie — lucrarea recenzată aici are drept scop să pună problema utilizării căldurii sensibile, scoţînd în evidenţă însemnătatea practică a folosirii acestei călduri.

Autorul arată în introducere că deoarece energetica este o ştiinţă nouă pentru ţara noastră, lucrările originale lipsind aproape cu totul, prezenta lucrare trebuie să fie considerată doar ca o monografie, care pune problema unei utilizări mai raţionale a combustibililor.

Pentru o înţelegere justă a problemelor, în primul capitol al lucrării se tratează pe scurt combinările energotehnologice industriale şi în cadrul acestora, despre resursele energetice secundare ale producţiei industriale.

In cadrul reducerii consumurilor specifice, economia de energie sub toate formele ei — reflectată prin îmbunătăţirea indicilor tehnico-economici de consum — joacă un important rol. Se dă ca exemplu că o mărire a randamentului energetic al industriei U.R.S.S. cu doar 1% echivalează cu o economie anuală de 1,5 miloane tone combustibil convenţional.

Cererile crescînde de energie — ca urmare a dezvoltării continue a mecanizării, electrificării şi automatizării proceselor de producţie — pune tot mai acut problema unei mai bune gospodăriri energetice, atît în sensul unei produceri economice cît şi în sensul unui consum raţional.

Principiul care stă la baza îmbunătăţirii gospodăririi energetice este utilizarea combinată a combustibilului, atît pentru nevoile tehnologice cît şi pentru cele energetice.

Combinările energo-tehnice se împart în trei categorii şi anume : utilizarea complexă a resurselor energetice secundare, termoficarea, utilizarea raţională energo-chimică a combustibililor, cea mai înaltă formă de combinare energo-tehnologică.

Pentru a releva importanţa folosirii resurselor energetice secundare pentru economia naţională, se citează faptul că în multe cazuri, ca de exemplu la combinatele siderurgice cu ciclul complex sau la rafineriile de petrol — acestea se ridică la 60—80% din căldura combustibilului iniţial folosit.

Termoficarea, adică folosirea combustibililor pentru producerea combinată a energiei electrice şi de căldură trebuie folosită ca o formă mai avansată de combinare energo-tehnologică şi nu ca o valorificare — în sensul general folosit — a unor resurse secundare de energie. Prin termoficare se obţin randamente mult superioare de 70—80%, în timp ce randamentul maxim al unei centrale termoelectrice, cu condensaţie pură, a atins abia 30—32%.

In U.R.S.S., unde termoficarea a atins stadiul cel mai dezvoltat din lume şi unde încă în anul 1950 30% din puterea centralelor electrice erau centrale de termoficare, economia de combustibil realizată anual prin termoficare, depăşea 2 milioane tone combustibil convenţional de 7 000 kcal/kg.

Forma cea mai înaltă a combinării energo-tehnologice o constituie folosirea combinată — energetică şi chimică a combustibilului.

Capitolul al II-lea al lucrării tratează despre căldura sensibilă ca resursă energetică secundară. In concluzie, autorul arată că atunci cînd se examinează posibilităţile de utilizare a căldurii sensibile, trebuie luat în considerare trei factori, care determină eficacitatea tehnico-economică de utilizare şi anume : nivelul de temperatură (concentrarea calitativă), regimul debitului şi concentrarea cantitativă.

Următorul capitol cuprinde problema utilizării căldurii sensibile din gazele de ardere. Bilanţul termic al întreprinderilor industriale arată că pierderile de căldură prin aceste gaze ocupă 40—70%, de aceea, folosirea acestor gaze care au şi o temperatură ridicată, este foarte recomandabilă. In continuare se tratează problema preîncălzirii aerului de ardere, a încărcăturii, precum şi eficacitatea energetică a utilizării căldurii sensibile din gazele de ardere, atît în direcţie tehnologică cît şi în direcţie energetică, insistîndu-se asupra marilor avantaje pe care le prezintă direcţia tehnologică. Pentru o cît mai mare recuperare a pierderilor de căldură, este nevoie a se căuta posibilităţi de utilizare simultană în ambele direcţii.

Pierderile prin căldura cedată mediului ambiant se situează după mărimea lor, imediat după cele datorite evacuării căldurii prin gazele de ardere.

Pentru ilustrarea ordinului de mărime a acestor pierderi, se dă valoarea lor absolută pentru diferite agregate (furnal înalt, cuptor Siemens-Martin, cuptor rotativ de ciment etc.).

Caracteristica principală a pierderilor de căldură în mediul ambiant este temperatura scăzută la care poate fi furnizată căldura. Din această cauză, utilizarea căldurii sensibile din căldura cedată mediului ambiant nu a luat pînă în prezent o dezvoltare prea mare.

Capitolul V expune posibilităţile de utilizare a căldurii sensibile din produsele şi subprodusele procesului tehnologic Acestea părăsesc procesul tehnologic la temperaturi destul de ridicate. Ca exemplu, se citează apele industriale, clinkerul, zgura de la topirea metalelor, cocsul incandescent, lingourile etc.

Din aceste produse, lucrarea recenzată tratează utilizarea căldurii sensibile din clinker, din zgura lichidă şi din cocsul incandescent. Se dau o serie de cifre şi scheme destul de interesante, ca de exemplu schema unui cuptor rotativ de ciment cu instalaţia de utilizare a căldurii sensibile din clinker şi variaţia temperaturilor de-a lungul traseului tehnologic.

Lucrarea se încheie cu o serie de consideraţii privind alegerea direcţiei de utilizare a resurselor energetice secundare. Autorul atrage atenţia că temperatura, debitul şi celelalte caracteristici ale resurselor energetice secundare sînt impuse de agregatul şi procesul tehnologic respectiv. In consecinţă, este necesar ca eventualii consumatori să poată accepta parametri energiei disponibile.

Direcţia tehnologică se pretează totdeauna la folosirea — cel puţin parţială — a pierderilor de căldură. Aici, energia întoarsă în agregat din resursele energetice secundare, are drept efect o micşorare a cererilor de energie primară necesară alimentării agregatului respectiv.

In direcţia energetică, economia de energie nu se mai realizează în cadrul agregatului respectiv, ci în cadrul altui agregat, care în cazul cînd nu ar fi fost alimentat cu energie secundară livrată de la un agregat tehnologic, ar fi trebuit să primească energie primară de la un agregat energetic.

Se arată că, în general, la utilizarea căldurii sensibile va trebui să se aleagă în primul rînd direcţia tehnologică şi numai după aceea, pentru o utilizare cît mai completă a căldurii sensibile, să se studieze şi posibilitatea utilizării în direcţie energetică a căldurii care ar rămîne disponibilă.

La sfîrşitul celor 7 capitole este indicată o bogată bibliografie, cuprinzînd ultimele lucrări apărute în acest domeniu.

In general, lucrarea este îngrijit alcătuită, figurile şi diagramel sînt bine executate.

Ca o lipsă, apare însă faptul că în unele părţi, din cauza unui exces de precizie, textul este relativ greoi şi trebuie multă atenţie pentru o justă înţelegere a sensului.

In general, prezenta lucrare care se adresează atît inginerilor tehnologi cît şi energeticienilor, permite o mai justă înţelegere a importanţei folosirii resurselor energetice secundare, contribuind astfel la o mai bună utilizare a mijloacelor de producţie ale întreprinderilor.

Ing. L. Marcovici

D. V. SOKOLOV: Montarea echipamentului electric al staţiilor de transformare din întreprinderile industriale. (Traducere din limba rusă). Editura Energetică de Stat, 1954, 206 pag.

Producerea industrială, în serie, în fabrici speciale, înzestrate cu utilajul cel mai nou, a diferitelor elemente necesare montajului electric, precum şi perfecţionarea procedeelor de execuţie şi folosirea dispozitivelor mecanizate pentru montaj, face ca în Uniunea Sovietică executarea acestor lucrări de electromontaj să capete un caracter industrial. Aceasta creiază însă nevoia ca orice lucrare de montaj electric să fie precedată de prefabricarea pieselor şi construcţiilor necesare montajului respectiv; pregătirea echipamentului electric şi concomitent a locului de instalare a echipamentului scurtează termenul de execuţie a lucrărilor de montaj şi permite instalarea echipamentului şi finisarea montajului în condiţiunile cele mai potrivite.

Lucrarea lui Sokolov expune principiile fundamentale de desfăşurare a lucrărilor de electromontaj şi descrie cele mai importante tipuri de instalaţie de distribuţie din staţiile de transformare ale întreprinderilor industriale precum şi operaţiile care se execută în timpul montării instalaţiilor de distribuţie, în ordinea lor tehnologică.

Autorul, după ce dă în capitolul I noţiunile generale asupra instalaţiilor de distribuţie din staţiile de transformare, atît interioare cît şi exterioare (elemente, scheme etc.), trece în capitolul II la expunerea modului de montare a aparatajului de înaltă tensiune din instalaţiile de distribuţie, arătînd cum se face montarea izolatoarelor, separatoarelor-întrerupătoarelor, siguranţelor, reactoarelor, descărcătoarelor, etc. şi ajunge în capitolul III la montarea transformatoarelor de forţă. Aci sînt expuse amănunţit lucrările de pregătire şi control, uscarea transformatorului şi epurarea uleiului, umplerea cuvei cu ulei şi asamblarea transformatorului.

Noţiunile tehnologice de montare a sistemului de bare ale instalaţiilor de distribuţie interioară sînt date în capitolul IV; instalaţiile secundare ale staţiilor de transformare sînt expuse în capitolul V şi punerea la pămînt de protecţie în capitolul VI. Aceste date sînt completate cu indicarea lucrărilor de finisaj, de vopsire a părţilor componente ale instalaţiei de distribuţie şi de alcătuire a inscripţiilor de identificare şi avertizare necesare protecţiei muncii şi tehnicii securităţii.

Pentru a îndruma pe montorii electricieni cărora le este adresată lucrarea, dîndu-le cunoştinţe cît mai complete care să le ajute să poată duce la bun sfîrşit lucrările de montaj a echipamentului electric al staţiilor de transformare din întreprinderile industriale, autorul dă în capitolele finale noţiuni de normare tehnică, organizare şi remunerarea muncii (capitolul VIII) şi de tehnica securităţii în montarea instalaţiilor de distribuţie (capitolul IX).

Partea privind protecţia muncii în electroenergetică ocupă un loc însemnat în lucrarea recenzată. Se dau indicaţii practice pentru prevenirea accidentelor şi în deosebi a electrocutărilor: se dau noţiuni de salvare, de respiraţie artificială, în caz de accident.

Prezentarea în formă descriptivă, stilul clar al lucrării, precum şi cele 133 de figuri pe care le cuprinde, fac ca această carte destinată a fi un manual de pregătire şi de ridicare a calificării muncitorilor care lucrează la montarea instalaţiilor de distribuţie ale staţiilor de transformare din întreprinderile industriale din U.R.S.S. să fie de o deosebită utilitate oricărui muncitor şi tehnician care are legături — prin specificul muncii sale — cu problemele de electromontaj, fie în domeniul restrîns pe care îl cuprinde lucrarea, fie într-un domeniu mai extins cu munci şi probleme tehnice similare.

CĂRȚI APĂRUTE
ÎN
„EDITURA ENERGETICĂ DE STAT"

A. E. ALEXEEV	**Construcția mașinilor electrice** Traducere din limba rusă 560 pag.	47,60 lei
N. N. MALOV:	**Curs de electrotehnică și radiotehnică** Traducere din limba rusă 504 pag.	22,00 lei
M. SIMIONESCU:	**Depanarea aparatelor de radio** 224 pag.	8,40 lei
V. S. POPOV ș. a.:	**Electrotehnica** Traducere din limba rusă 502 pag.	23,10 lei
M. I. OZERNOI:	**Electrotehnica minieră** Traducere din limba rusă 512 pag.	35,30 lei
N. A. SAZONOV:	**Îndreptarul montorului electrician rural** Traducere din limba rusă 452 pag.	22,60 lei
J. GEMESI:	**Microscopul cu ultra sunete** Traducere din limba rusă 88 pag.	1,45 lei
I. M. PCSTNICOV:	**Proiectarea mașinilor electrice** Traducere din limba rusă 688 pag.	40,25 lei
E. V. KITAEV:	**Telefonia** Traducere din limba rusă 440 pag.	17,35 lei

E 2039

d.

KAT

Institut. de Documentare Tehnică
BUCUREŞTI
OBMEH - CSERE
VYMENA - WYMIANA
TAUSCH - CMEHA

ENERGETICA şi HIDROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Egyszeges Műszaki Könyvtár TULAJDONA

9-10

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

1954

ENERGETICA ŞI HIDROTEHNICA

Apare lunar sub îngrijirea unui Comitet de Redacţie

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Anul II ★ 1954 ★ Nr. 9-10 Redacţia: Bucureşti, str. I. Ghica nr. 3 ★ Tel. 3.07.30 3.57.28

SUMARUL

Pag.

I. D. Stăncescu: Termoficarea urbană: I. Determinarea naturii, mărimii şi variaţiei consumului de căldură 303

V. Berindean: Ridicarea diagramei motoarelor cu ardere internă cu ajutorul indicatorului piezoelectric 311

V. Rădulescu: Funcţionarea cuptoarelor electrice cu arc, racordate la reţele electrice trifazate de înaltă tensiune şi influenţa lor asupra reţelelor. 317

I. Corodenu: Disimetriile produse de tracţiunea electrică în reţelele trifazate de electrificare generală. 332

A. Filotti: Calculul înălţimii economice a barajelor unui hidrocentru 337

P. Wisner: Cu privire la modelarea debitului solid şi la aplicaţiile sale practice 342

S. Dumitrescu: Unele probleme ale dezvoltării ştiinţei hidrologice în R.P.R. 351

DISCUŢII

Dorin Pavel: Cu privire la articolul: „Unele probleme ale dezvoltării ştiinţei hidrologice în R.P.R." . 357

J. Boisnard şi M. Goldstein: Pe marginea unei probleme de hidrologie 358

IN AJUTORUL INTREPRINDERILOR

C. Mihălleanu: Exerciţiile de prevenire şi lichidare a avariilor, metodă importantă a muncii cu personalul din instalaţiile energetice 362

I. D.: Folosirea tuburilor de carton bituminat fără înveliş metalic 364

Dan Ionescu: In ajutorul celor ce studiază şi aplică „Prescripţiile de exploatare tehnică a centralelor şi reţelelor electrice" 365

RECENZII 367

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

И. Д. Станческу: Городская теплофикация. I. Определение природы, величины и изменения теплопотребления 303

В. Бериндян: Снятие диаграммы двигателей внутреннего сгорания с помощью пьезоэлектрического датчика 311

В. Радулеску: Действие электродуговых печей, присоединенных к трехфазным высоковольтным электрическим сетям и их влияние на сети . . 317

И. Кородяну: Ассиметрии, произведенные электротягой в трехфазных сетях общей электрификации 332

А. Филотти: Расчет экономической высоты плотин гидроузла 337

П. Виснер: К вопросу о моделировании твердого стока и его практических применений 342

С. Думитреску: Некоторые вопросы развития гидрологической науки в Р.Н.Р. 351

ДИСКУССИИ

Дорин Павел: К статье „Некоторые вопросы развития гидрологической науки в Р.Н.Р." 357

Ж. Буаснард и М. Голдштейн: Относительно одного вопроса гидрологии 358

В ПОМОЩЬ ПРЕДПРИЯТИЯМ

К. Михайляну: Упражнения по предотвращению и ликвидации аварий, важный метод работы с персоналом энергетических установок 362

И. Д.: Использование трубок из битуминизированного картона без металлической оболочки . . . 364

Дан Ионеску: В помощь изучающим и применяющим „Правила технической эксплоатации электрических станций и сетей" 365

РЕЦЕНЗИИ 367

Országos Műszaki Könyvtár TULAJDONA

TERMOFICAREA URBANĂ

I. DETERMINAREA NATURII, MĂRIMII ŞI VARIAŢIEI CONSUMULUI DE CĂLDURĂ

Conf. ing. IOAN D. STĂNCESCU

După ce încă în primul număr al acestei reviste au fost expuse principiile termoficării şi s-a examinat rolul ei energetic şi economic pe plan general [1] într-un articol următor au fost cercetate mai îndeaproape condiţiile energetice ale termoficării industriale [2]. Articolul de faţă se ocupă de condiţiile energetice ale termoficării urbane, analizînd natura, mărimea şi variaţia consumurilor termice, ce urmează să fie acoperite din cu centrală de termoficare urbană. Într-un articol viitor urmează să se trateze soluţiile de principiu şi formele de realizare a instalaţiilor.

Sînt rare cazurile în care consumurile de căldură apar atît de net separate, încît să se poată vorbi în adevăratul sens al noţiunii respective de *termoficare industrială* sau de *termoficare urbană*, adică de alimentarea unor consumatori industriali sau urbani cu căldură produsă combinat cu energie electrică. Dacă mai este posibil a întîlni uneori cazuri în care să avem deaface numai cu o termoficare urbană, adică cu alimentarea unei zone de consumatori din care să lipsească complet orice consum de căldură cu caracter industrial, cazul celălalt este practic imposibil, deoarece orice industrie are şi un minim de consum termic cu caracter neindustrial, în legătură cu consumul birourilor şi locuinţelor aferente.

Întrucît consumurile de căldură, care prin natura lor dau denumirea caracteristică, apar de obicei mixt, în cazurile reale, care sînt combinaţii cu diferite ponderi, denumirea termoficării este dictată de natura consumului preponderent. Astfel, înţelegem prin *termoficare industrială* alimentarea cu căldură produsă combinat cu energie electrică a unui sau mai multor consumatori, în special pentru acoperirea necesităţilor tehnologice, în timp ce prin *termoficare urbană* se satisfac mai ales necesităţile de căldură pentru nevoile de trai şi ale gospodăriei comunale din centre mari populate sau noi aşezări muncitoreşti.

După aceste precizări menite să evidenţieze foarte clar caracterul mixt al consumurilor termice ce urmează a fi acoperite din centralele de termoficare (CET), trebuie arătat că pentru consideraţiile relativ la termoficarea urbană ce vom face în cadrul articolului de faţă, ne putem mărgini la problemele legate de acoperirea sarcinii termice aferentă nevoilor de trai şi gospodăriei urbane. Nu ne vom ocupa ca atare de problema acoperirii sarcinii tehnologice a unor industrii care s-ar găsi în interiorul centrului respectiv, deoarece acestea, cerînd în general căldură cu parametri mai înalţi, tot nu pot fi alimentate din reţeaua generală urbană; ori, din moment ce problema alimentării lor tot trebuie rezolvată separat, putem considera că se tratează după practica termoficării industriale, adică înafara preocupărilor de faţă. În ceea ce priveşte necesităţile de căldură pentru alte scopuri decît cele tehnologice, ale eventualelor industrii din cadrul centrelor considerate, ele, avînd acelaş caracter cu sarcinile aglomeraţiunii cercetate, se încadrează corespunzător adăugîndu-se la categoriile de consum respective.

Mai este de menţionat că în ceea ce priveşte instalaţiile de producere a căldurii în regim de termoficare, acestea trebuie să satisfacă toate cererile de căldură ale cartierului sau sectorului urban respectiv, inclusiv energia termică cerută de procesele industriilor amplasate în zona lor.

1. Consumul de căldură al centrelor populate

Determinantă pentru termoficarea urbană este defalcarea acelor necesităţi de căldură din balanţa globală a aglomeraţiei respective, care mai pot fi satisfăcute prin termoficare la nivelul de temperatură cerut. Din fericire, cea mai mare parte a necesităţilor de căldură ale marilor centre sînt la joasă temperatură, adică susceptibile a fi acoperite cu toate avantajele tehnice şi economice ale termoficării. În lipsa unor date corespunzătoare pentru ţara noastră, redăm în tabela 1 cu titlu informativ cîteva date exemplificatoare ale unor oraşe din U.R.S.S. [3].

Tabela 1

Structura procentuală a balanţei energetice a unor oraşe din U.R.S.S.

(exclusiv consumatorii industriali)

	Moscova	Leningrad	Gorki	Celiabinsk	Iaroslavl	Baku
1. Procese de forţă şi iluminat . .	13	10	7	6,5	6,5	9,5
2. Procese cu temperatură ridicată . .	8	8	7	5,5	7,5	10
3. Procese cu temperatură medie	7,5	7,5	8	7	10	15
4. Procese cu temperatură joasă	71,5	74,5	78	81	76	65,5
Total ...	100	100	100	100	100	100

După cum reiese din cifrele indicate, consumul de căldură care ar putea fi acoperit prin termoficare este de ordinul 70—80% din consumul global al localităţilor respective. Măsura în care în general se va ajunge a se acoperi acest consum prin termoficare depinde de mulţi factori, printre

care prin influenţa ei economică hotărîtoare este şi răspîndirea geografică a consumurilor.

Întrucît în cadrul de faţă interesează numai consumurile termice ce pot fi acoperite prin termoficarea urbană, vom lăsa deoparte orice alte consumuri şi ne vom limita numai la primele, încercînd a le determina după natura, mărimea şi variaţia lor în timp. În această privinţă distingem:

a) necesarul de căldură pentru încălzire,
b) necesarul de căldură pentru ventilaţie,
c) necesarul de căldură pentru alimentarea cu apă caldă,

adică necesităţi de căldură legate de asigurarea condiţiilor normale de muncă şi trai ale populaţiei, ceea ce subliniază, după cum s-a mai arătat [1], pe lîngă aspectul economic şi importanţa socială a termoficării urbane.

În ceea ce priveşte caracterul variaţiei în timp, primele două categorii de consum de căldură — pentru încălzire şi ventilaţie — au un caracter sezonier, în timp ce ultima reprezintă o sarcină permanentă în tot timpul anului.

2. Necesarul de căldură pentru încălzire şi ventilaţie

Necesităţile de căldură pentru încălzire şi ventilaţie cuprind cantităţile de căldură necesare tuturor clădirilor: de locuit, administrative, cu caracter social, inclusiv clădirile industriale din zona sau localitatea respectivă.

În ceea ce priveşte mărimea sa, *consumul de căldură pentru încălzire* depinde în primul rînd de factorii climatici determinaţi prin situaţia geografică, altitudinea şi regimul de vînturi al localităţii considerate şi în al doilea rînd de natura construcţiei, poziţia şi destinaţia clădirilor respective.

Consumul orar de căldură pentru încălzire se determină după calculul pierderilor termice ale clădirii în condiţiile concrete de aşezare şi regim de încălzire. Astfel, pentru condiţiile din ţara noastră mărimea pierderilor se determină după STAS 1907-52 cu formula

$$q_0 = k\,S\,(t_i - t_e) \quad \text{kcal/h},$$

în care:

q_0 este cantitatea de căldură ce se pierde prin elementul de construcţie considerat, în kcal/h;
S — suprafaţa elementului de construcţie considerat, în m²;
k — coeficientul de transmisie a căldurii, în kcal/m². h. grad;
t_i — temperatura aerului din interiorul încăperii, după STAS 1542-50;
t_e — temperatura aerului din exterior după STAS 1488-54 sau a încăperilor vecine, în °C.

Prin însumarea pierderilor de căldură q_0 calculate pentru fiecare element de construcţie al încăperii se obţine Q_0, adică cantitatea de căldură pierdută prin suprafeţele ce mărginesc încăperea, iar cantitatea totală de căldură pierdută Q_h, se obţine aplicînd adausurile indicate în STAS-ul citat, pentru orientare, acţiunea vîntului, întreruperea funcţionării încălzirii şi pentru reîncălzirea suprafeţelor reci ale încăperii.

Acest sistem de calcul este prea laborios şi prezintă şi dificultăţi în ceea ce priveşte datele disponibile relative la clădiri în faza de studii tehnico-economice sau de anteproiectare a termoficării, astfel încît pentru aceste scopuri se recomandă formula mai simplă [4, 5]:

$$Q_h = x.V(t_i - t_e) \quad \text{kcal/h},$$

în care:

Q_h este necesarul de căldură pentru încălzirea unei clădiri, în kcal/h;
x — caracteristica de încălzire a clădirii, în kcal/m³. h. grad;
t_i — temperatura aerului din interiorul încăperii, în °C;
t_e — temperatura aerului din exterior, în °C;
V — volumul clădirii, măsurat în exterior, în m³.

Caracteristica de încălzire depinde mai ales de mărimea şi natura construcţiei, avînd valori foarte variate pentru diferitele feluri de clădiri. Pentru calculele preliminare de termoficare sînt de aceea necesare o serie de valori pentru tipurile de clădiri mai des întîlnite. Întrucît pentru condiţiile din ţara noastră nu dispunem încă de date de acest gen, este necesar ca într-un timp cît mai scurt să se determine un minim de valori.

În această privinţă este de observat, că pentru condiţiile din U.R.S.S., există stabilită o serie întreagă de indici pentru diferitele categorii de clădiri [4, 5, 6], iar pentru clădirile de locuit caracteristica de încălzire este dată şi în funcţie de volumul clădirilor (fig. 1). Există de asemenea

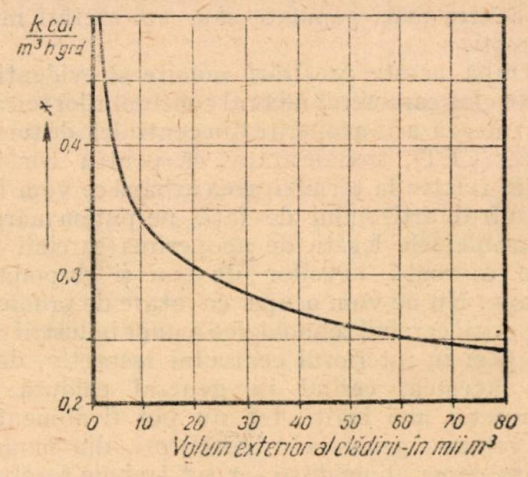


Fig. 1. Variaţia caracteristicii de încălzire a clădirilor de locuit în funcţie de volumul clădirii, pentru condiţiile din U.R.S.S.

formule empirice pentru calcularea lui x, dintre care cea mai recentă, stabilită de Ermolaev, reuneşte în mod complex influenţa factorilor determinanţi [5].

Pentru calcule cu totul orientative pentru cartiere noi, cînd natura şi mărimea clădirilor ce se vor construi nu este încă fixată, se recomandă [4] pentru condiţiile din U.R.S.S. folosirea următoarelor valori ale caracteristicilor de încălzire :

clădiri industriale de fabricaţie $x=0,45-0,75$ kcal/m³·h·grd
clădiri industriale auxiliare . . $x=0,35$ kcal/m³·h·grd
clădiri de locuit şi sociale . . $x=0,3$ kcal/m³·h·grd

Cum aceste valori nu pot fi preluate pentru condiţiile noastre, ar fi interesant de stabilit, înaintea unei acţiuni mai generale, cel puţin

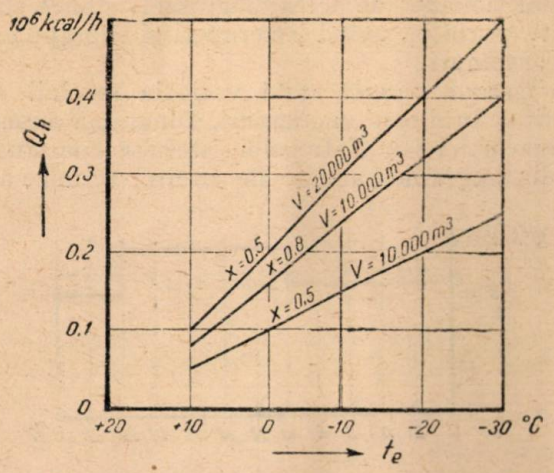


Fig. 2. Variaţia consumului orar de căldură pentru încălzire în funcţie de temperatura exterioară.

cîteva valori echivalente care să poată fi folosite în calculele preliminare de termoficare.

O mare influenţă asupra dimensionării instalaţiilor de termoficare o are valoarea temperaturii exterioare t_e care se introduce în formula de calcul. După cum s-a, arătat, această valoare a fost recent stabilită prin STAS 1488-54 pentru diferite zone din ţara noastră în anumite ipoteze, însă studiul acestei temperaturi convenţionale de calcul trebuie continuat şi adîncit, astfel încît să se dispună de date pentru toate localităţile şi diferite categorii de pereţi [7].

Calculat pe aceste baze, consumul orar de căldură pentru încălzire variază liniar cu diferenţa dintre temperaturile interioare şi exterioare, înclinarea dreptelor fiind determinată prin valoarea lui x şi volumul clădirilor respective. (fig. 2). În practică, se constată oarecare abateri de la dependenţa liniară, deoarece la temperaturi exterioare joase personalul de deservire şi locatarii clădirilor închid mai cu grijă comunicaţiile cu exteriorul, pe cînd la temperaturi exterioare mai ridicate se procedează invers.

Consumul de căldură pentru ventilaţie este foarte diferit în funcţie de destinaţia clădirilor. În timp ce pentru clădirile de locuit, care de obicei nu au instalaţii speciale de ventilaţie, el este de ordinul 5—10% din consumul de căldură pentru încălzire şi poate fi ca atare neglijat în calculele preliminare de termoficare, el depăşeşte pentru întreprinderile industriale deseori consumul pentru încălzire. Pentru clădiri cu caracter social, teatre, cluburi, etc., consumul de căldură pentru ventilaţie poate fi evaluat aproximativ la 20—30% din consumul pentru încălzire.

Determinarea consumului de căldură pentru ventilaţie trebuie să se facă în mod normal pe baza datelor de proiectare ale clădirilor şi instalaţiilor respective. Pentru evaluări se poate folosi formula [4] :

$$Q_v = n\, V_v\, c_v (t_i - t_e) \text{ kcal/h},$$

în care :

Q_v este consumul orar de căldură pentru ventilaţie, în kcal/h ;
n — numărul schimburilor de aer pe oră ;
V_v — volumul ventilat al clădirii, în m³ ;
c_v — căldura specifică a aerului, egală cu 0,31 kcal/m³ ;
t_i — temperatura aerului încălzit introdus în încăpere, °C ;
t_e — temperatura aerului exterior, în °C.

Consumul de căldură pentru ventilaţie variază deci direct proporţional cu $(t_i - t_e)$.

Pentru a reduce consumul de căldură pentru ventilaţie, este indicat a se alege temperatura exterioară minimă t_{ev}, după care se face calculul instalaţiilor de ventilaţie, mai mică decît temperatura exterioară convenţională după care se determină consumul de căldură pentru încălzire, urmînd ca pentru perioada în care temperatura exterioară scade sub t_{ev} să se micşoreze numărul schimburilor de aer, astfel încît să nu fie depăşit debitul de căldură calculat pentru ventilaţie. Evident că pentru atelierele industriale cu emanaţii foarte nocive, instalaţiile de ventilaţie se calculează cu un $t_{ev} = t_e$.

Temperatura t_{ev} se alege, de exemplu în U.R.S.S. egală cu 1,25 din temperatura *medie* a lunii celei mai friguroase ; este necesar ca organele în drept să fixeze în mod similar ca pentru t_e,

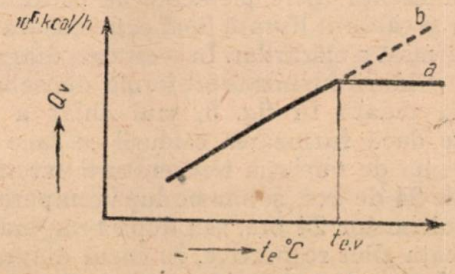


Fig. 3. Variaţia consumului de căldură pentru ventilaţie în funcţie de temperatura exterioară.
a — consum limitat prin reducerea schimburilor de aer ;
b — consum în ateliere cu emanaţii foarte nocive.

o temperatură de calcul t_{ev} şi pentru condiţiile ţării noastre.

În urma acestei restricţii, consumul de căldură pentru ventilaţie nu mai creşte liniar decît pînă la valoarea t_{ev}, la depăşirea căreia consumul rămîne constant (fig. 3).

Din cele mai sus arătate rezultă că şi consumul total orar de căldură pentru încălzire şi ventilaţie variază liniar cu temperatura exterioară, cu o frîngere la temperatura t_{ev} (fig. 4).

Pentru proiectarea instalaţiilor de termoficare şi stabilirea regimului de funcţionare sînt necesare

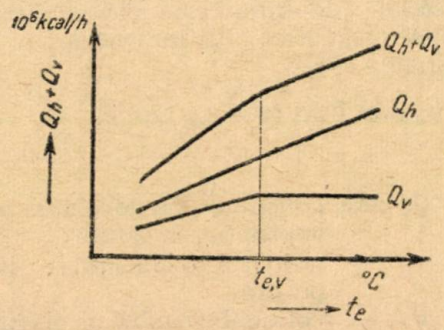


Fig. 4. Variaţia consumului orar de căldură pentru încălzire şi ventilaţie în funcţie de temperatura exterioară.

următoarele trei diagrame ale sarcinii termice: diagrama *zilnică*, *anuală* şi *diagrama anuală de durată*, denumită şi *curba sarcinilor termice clasate*.

Diagrama zilnică. Spre deosebire de cererile de energie electrică care trebuie acoperite de instalaţiile de producere imediat, cererile de căldură sînt mai puţin exigente în ceea ce priveşte legătura între necesităţile momentane şi acoperirea lor, deoarece consumul are loc — cu excepţia ventilaţiei — prin procese de schimb de căldură care, datorită diferenţelor relativ mici de temperatură în joc, decurg relativ încet. Totodată, intervine şi influenţa amortizantă a capacităţii de acumulare termică a clădirilor cît şi efectul radiaţiei solare.

Astfel, furnizarea căldurii pentru încălzire într-un raion constînd mai ales din clădiri de locuit şi cu caracter administrativ, poate fi condusă — mai ales dacă temperatura exterioară nu are variaţii prea mari — după temperatura *medie* exterioară a unui interval destul de lung de timp, de exemplu 8 — 16 ore, sau chiar 24 ore, diferenţa între pierderile de căldură ale clădirilor şi căldura livrată fiind compensată prin inerţia termică a clădirilor. În acest caz, diagrama zilnică a căldurii furnizate are forma deosebit de favorabilă redată în fig. 5, sau chiar a unei orizontale dacă furnizarea căldurii se face fără a ţine seama de variaţia temperaturii exterioare în timp de 24 de ore, şi anume după temperatura medie a ultimelor 24 ore, sau după temperatura în dimineaţa zilei respective. În cazul diagramei din fig. 5, sarcina termică medie este foarte aproape de sarcina maximă, respectiv, sarcina minimă. Suprafaţa diagramei reprezintă cantitatea de căldură livrată în ziua respectivă, care reiese şi din înmulţirea sarcinii medii cu durata intervalului considerat.

Din cauza capacităţii mici de acumulare termică a clădirilor industriale, căldura furnizată pentru încălzirea lor trebuie să urmărească mai îndeaproape acoperirea pierderilor de căldură, adică variaţia temperaturii exterioare. Pentru aceste clădiri s-ar putea reduce furnizarea căldurii în perioada în care nu se lucrează, urmînd a începe încălzirea ceva înaintea începerii lucrului; totuşi, practic s-a constatat că din punct de vedere al exploatării este preferabil — în cazul termoficării — să nu se reducă temperatura interioară în această perioadă şi să se continuie alimentarea cu căldură. In ceea ce priveşte sarcina ventilaţiei, pentru clădirile de locuit, ea are, aşa redusă cum este, o durată zilnică continuă. Pentru clădirile cu caracter social şi cele industriale ea nu apare decît în perioada de folosire, respectiv de funcţionare; de aceea diagramele zilnice sînt foarte variate, avînd întreruperi şi suprapuneri de consumuri.

Diagrama anuală arată variaţia sarcinii în diferitele luni sau anotimpuri. Diagrama anuală a unui cartier sau a întregului sistem se construieşte din diagramele anuale ale sarcinii termice ale

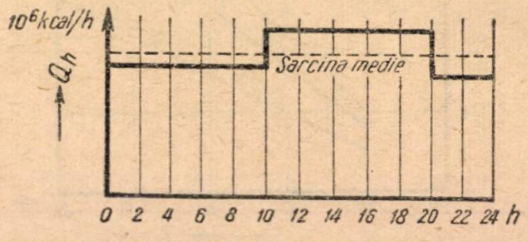


Fig. 5. Diagrama zilnică a căldurii livrate de CET pentru încălzirea unui cartier cu clădiri de locuit şi administrative.

diferitelor tipuri de consumatori şi ale consumatorilor separaţi mai importanţi.

Astfel, în fig. 6 este redată procentual variaţia anuală a căldurii livrate lunar pentru încălzirea unui cartier cu clădiri mari de locuit situat într-o regiune cu climă temperată respectiv într-o regiune cu climă rece. Se vede uşor influenţa mare a climei mai reci atît în ceea ce

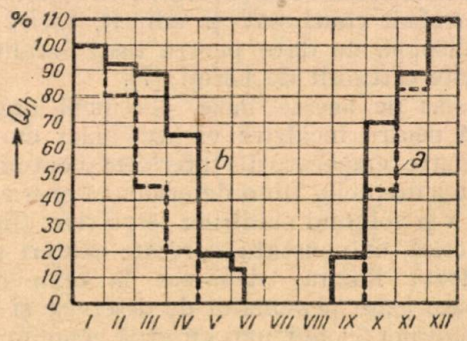


Fig. 6. Variaţia procentuală anuală a căldurii livrate lunar pentru încălzirea unui cartier cu clădiri mari de locuit:
a — regiune cu climă temperată; b — regiune cu climă rece.

priveşte durata sezonului de încălzire cît şi asupra variaţiei sarcinii termice în cursul anului.

Dacă la căldura pentru încălzire se adaugă în mod corespunzător căldura livrată anual pentru ventilaţie, se obţine aşa numita diagramă anuală a sarcinii sezoniere, marcată prin dispariţia consumului în cîteva luni calde, al căror număr

depinde de caracterul regiunii climatice a consumatorilor consideraţi.

Pentru a obţine cantităţile de căldură ce trebuie livrate de CET, se însumează toate consumurile de căldură care reprezintă cantităţile la abonaţi şi se adaugă pierderile termice în reţea. Aceste pierderi nu depind de sarcina termică şi sînt de ordinul 4—6% la sarcina termică maximă a reţelei. Deoarece ele nu variază cu sarcina, pierderile medii anuale ale reţelei termice constituie 8—12% din căldura livrată de CET.

Diagrama anuală de durată a consumului de căldură pentru încălzire redă consumurile orare clasate după mărimea şi frecvenţa respectiv durata lor (fig. 8). Pentru instalaţii în funcţiune, ea se întocmeşte din valorile orare — cînd determinarea lor directă sau indirectă este posibilă — ordonate după durata fiecărei valori în anul respectiv. Pentru cazurile în care este necesară o predeterminare a acestei diagrame, ea se poate construi pe baza datelor relative la durata diferitelor temperaturi exterioare în decursul sezonului de încălzire, fie direct [4], fie — ceea ce permite o urmărire mai uşoară — prin intermediul curbei clasate a temperaturilor exterioare.

Curba clasată a temperaturilor exterioare, necesară aci ca o curbă auxiliară, se construieşte ca orice curbă clasată prin ordonarea temperaturilor exterioare citite orar după durata lor respectivă în cursul unui an, folosind în acest scop înregistrările meteorologice ale temperaturii. Deoarece regimul temperaturii exterioare variază sensibil de la an la an, pentru a se obţine o curbă clasată reprezentativă este necesar a se cerceta o serie suficient de mare de ani caracteristici.

Spre deosebire de temperatura exterioară convenţională recent stabilită ca bază pentru *dimensionarea* instalaţiilor de încălzire, curbele clasate ale temperaturilor exterioare nu sînt folosite pentru determinarea directă de mărimi de instalaţii, ci servesc numai pentru întocmirea unor curbe de consum, care după cum se va vedea suferă o serie de aproximări cu ocazia însumării consumurilor termice de diferite categorii, şi care sînt destinate în special pentru stabilirea regimurilor economice de funcţionare. De aceea nu s-a găsit încă necesar a se elabora prescripţii sau norme pentru felul în care să se ajungă la obţinerea unei curbe clasate a temperaturii exterioare reprezentative pentru scopul aici urmărit. În lipsa unor astfel de recomandări, s-au construit după datele disponibile curbele clasate ale temperaturii exterioare pentru cîteva localităţi din ţara noastră, curbe redate cu caracter informativ în fig. 7.

Dispunînd în acest fel de curba clasată a temperaturii exterioare pentru centrul considerat, ea se trece în sfertul din dreapta jos al diagramei ce urmărim, după cum se vede în fig. 8. In sfertul din stînga jos se reprezintă variaţia consumului orar de căldură în funcţie de temperatura exterioară, după dreapta respectivă, a cărei construcţie a fost redată în fig. 2.

Transferînd — după cum indică exemplul introdus — consumul orar de căldură corespunzător unei anumite temperaturi exterioare la durata anuală a acestei temperaturi, se obţin

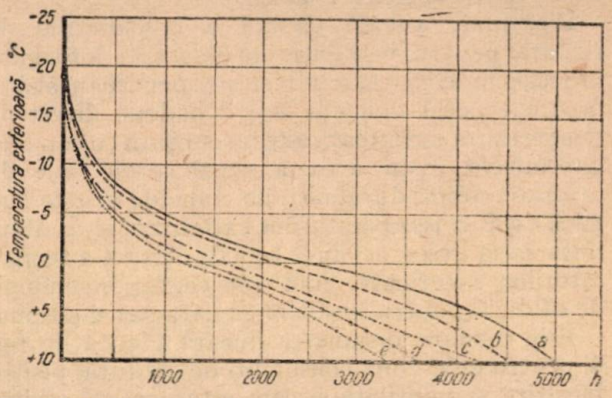


Fig. 7. Curbe clasate de temperaturi exterioare pentru cîteva localităţi din R.P.R.:
a — Cîmpulung mold.; *b* — Iaşi; *c* — Galaţi; *d* — Bucureşti; *e* — Arad.

în sfertul din dreapta sus al figurii, ordonatele consumului orar de căldură pentru încălzire, clasate după durata lor anuală, adică curba anuală de durată a consumului orar de căldură pentru încălzire.

Menţionăm spre buna regulă şi aici, că pentru obţinerea cantităţii de căldură ce trebue debitată orar de CET, urmează a se adăuga pierderile reţelii termice, care nedepinzînd de sarcină se adaugă ca o valoare constantă la întreaga curbă.

Suprafaţa de sub curba clasată a sarcinii termice pentru încălzire reprezintă cantitatea totală de căldură ce trebuie debitată în acest scop

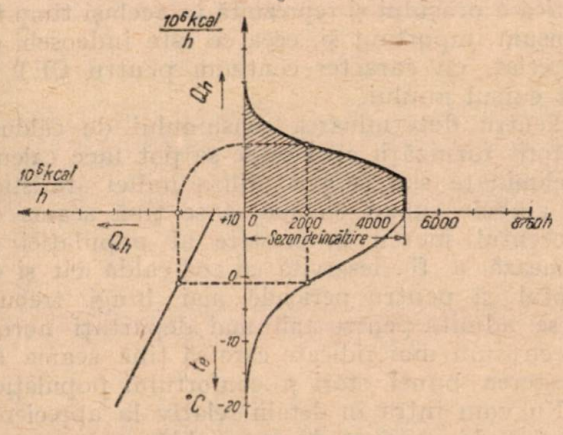


Fig. 8. Construirea diagramei anuale de durată a consumului orar de căldură pentru încălzit.

de către CET. Este interesant de observat, că atît pentru condiţiile din U.R.S.S. [4] cît şi pentru ţara noastră, se poate calcula cu o eroare mică cantitatea de căldură ce trebuie debitată anual pentru încălzire, admiţînd sarcina orară medie egală cu 50% din sarcina orară maximă şi înmulţind sarcina medie cu numărul de ore al sezonului de încălzire. Adică, este suficient pentru acest scop de a cunoaşte numai durata sezonului de încălzire (vezi abscisa corespunzătoare) — fără a mai fi nevoie de curba clasată a temperaturilor

exterioare, sezonul de încălzire începînd la scăderea temperaturii exterioare medii zilnice sub + 10° C în curs de trei zile consecutiv şi încetînd cînd valoarea de + 10° C este din nou depăşită în aceleaşi condiţii.

Diagrama anuală clasată a consumului de căldură pentru ventilaţie nu poate fi întocmită în acelaş mod ca a sarcinii termice pentru încălzire, deoarece acest consum deşi depedent direct de temperatura exterioară este un consum cu caracter intermitent. Din această cauză orele sale de utilizare, adică durata sa, nu coincide ci este mai mică decît a temperaturilor exterioare şi ca atare *clasarea* sa nu corespunde legii de clasare a temperaturilor exterioare, cum este cazul consumului, de căldură pentru încălzire cu caracter continuu.

Prin urmare însumarea lineară făcută în fig. 4, pentru cele două consumuri de căldură, pentru încălzire şi ventilaţie şi care este corectă pentru consumul *orar* nu poate servi la întocmirea diagramei anuale de durată a celor două consumuri. Aceasta se poate totuşi obţine, evitîndu-se metoda exactă dar laborioasă a însumării diagramelor zilnice corespunzătoare a celor două consumuri adunate, prin metoda simplificată care se recomandă mai jos şi pentru însumarea corespunzătoare a consumului de apă caldă.

Aproximaţia este suficientă pentru scopul urmărit.

3. Necesarul de căldură pentru alimentarea cu apă caldă

Alimentarea cu apă caldă, atît de uşor realizabilă pe scară mare prin sistemele de termoficare, ocupă un loc de frunte în gospogăria energetică a oraşului şi reprezintă în acelaşi timp un consum important şi, ceea ce este îndeosebi de apreciat, cu caracter continuu pentru CET în tot cursul anului.

Pentru determinarea consumului de căldură datorit furnizării apei calde se pot face calcule preliminare sau se pot utiliza indici statistici. In ambele cazuri trebuie să se ţină seama de procentul mereu în creştere al populaţiei ce urmează a fi deservită cu apă caldă cît şi de faptul că pentru perioade mai lungi trebuie să se admită pentru anii mai depărtaţi norme de consum mai ridicate care să ţină seama de creşterea bunei stări şi confortului populaţiei.

Nu vom intra în detalii relativ la aprecierea cifrelor de consum de apă caldă, care se pot urmări în literatura de specialitate, ci vom menţiona numai că după experienţa sovietică [5] consumul de căldură pentru alimentarea cu apă caldă atinge ca sarcină orară medie 20—25% iar ca sarcină orară maximă 40—50% din consumul orar maxim de căldură pentru încălzire. In ceea ce priveşte indicii corespunzători de consum în U.R.S.S. ne referim la datele din tabela 2.

Spre deosebire de consumul de căldură pentru încălzire şi ventilaţie, variaţia consumului de căldură pentru apă caldă nu are caracter sezonier, această sarcină termică dăinuind în tot cursul anului. In schimb, variaţia acestui consum depinde de temperatura apei reci şi este determinată exclusiv de necesităţile individuale ale oamenilor, respectiv de condiţiile lor de muncă şi de trai.

Diagramele *zilnice* ale alimentării cu apă caldă sînt foarte diferite după regiuni şi consumatori şi diferă chiar pentru acelaşi consumator sensibil de la o zi la alta, respectiv de la o perioadă a anului la alta. In timp ce de exemplu consumul de apă caldă pentru instalaţiile de duşuri ale întreprinderilor are vîrfuri pronunţate dar scurte la termi-

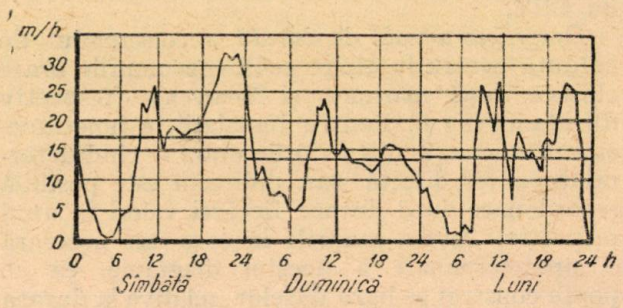


Fig. 9. Exemplu de diagramă de consum de apă caldă într-o clădire de locuit.

narea fiecărui schimb şi este aproape nul în orele lucru, consumul pentru nevoile casnice variază diferit., de exemplu după fig. 9 [5].

Diagramele *anuale* ale consumului de căldură pentru alimentarea cu apă caldă sînt dintre cele

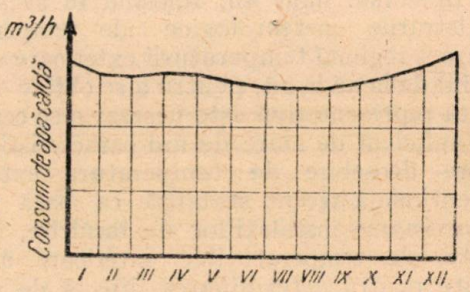


Fig. 10. Variaţia anuală a consumului de apă caldă într o clădire de locuit (8).

mai uniforme, cum se poate vedea, de exemplu, din fig. 10.

4. Sarcina termică totală şi variaţia ei.

După analiza şi stabilirea diferitelor categorii de consum termic, se poate aborda determinarea sarcinii totale termice şi a variaţiei ei, şi obţine astfel unul din elementele energetice de bază pentru studiul şi dimensionarea instalaţiilor de termoficare, atît în ceea ce priveşte instalaţiile de producere cît şi cele de transport şi distribuţie

Sarcina termică totală trebuie determinată atît ca valoare orară maximă cît şi ca livrare anuală de căldură.

Valoarea orară maximă a consumului de căldură se extrage din diagramele zilnice totalizatoare ale diferitelor categorii de consum, sau în lipsa

acestora, se obţine din adunarea consumurilor maxime ale diferitelor categorii de consum, ţinîndu-se însă seama de gradul de simultaneitate respectiv.

Diagrama *anuală* a sarcinii termice totale se obţine prin însumarea consumului diferitelor categorii de consumuri, după consumul zilnic

Fig. 11. Diagrama anuală a consumului total de căldură.

sau după consumul lunar, în ultimul caz obţinîndu-se o diagramă în trepte de tipul celei a consumului pentru încălzire din fig. 6. Se obişnuieşte cîte odată ca în diagrama anuală de un tip sau celălalt să se introducă punctat valoarea sarcinilor orare maxime din zilele sau lunile respective.

In fig.11 se redă un exemplu al variaţiei anuale a consumului total de căldură.La baza diagramei este trecut consumul de căldură pentru alimentarea cu apă caldă care are un caracter perma, nent tot anul, în timp ce consumurile de căldură pentru încălzire şi ventilaţie se suprapun cu caracterul lor sezonier în lunile reci.

In ceea ce priveşte diagrama anuală de durată a sarcinii termice totale, adică curba clasată a consumurilor orare totale de căldură, aceasta se poate întocmi în mod riguros corect dacă se dispune de diagramele zilnice ale consumurilor orare totale. Cum întocmirea tuturor acestor diagrame zilnice este foarte laborioasă şi nici practic posibilă în stadiul de studii tehnico-economice sau proiectare a unui sistem de termoficare, această metodă se foloseşte numai în instalaţiile în funcţiune unde pe baza citirilor şi înregistrărilor de exploatare, diagrama de durată se poate construi corespunzător de exact.

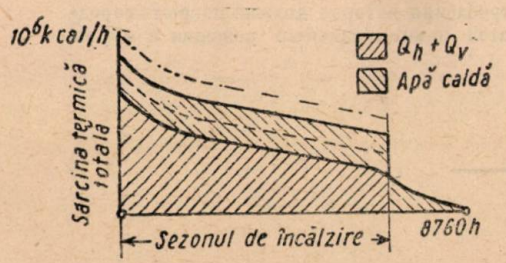


Fig. 12. Diagrama anuală de durată a consumului total de căldură.

Pentru necesităţile proiectării se poate folosi una din metodele simplificate recomandată de practica sovietică [4, 5] obţinîndu-se, de exemplu, după Sokolov o curbă clasată a consumului orar de căldură ca aceea reprezentată în fig. 12, în care peste sarcina sezonieră a încălzirii şi ventilaţiei s-a suprapus vaoarea medie a consumului de căldură pentru alimentarea cu apă caldă, cu indicare prin liniile punctate a mărimi valorilor maxime şi minime posibile de scurtă durată. Pentru perioada în afara sezonului de încălzire, în care există numai sarcina de alimentare cu apă caldă, se construieşte după regulile cunoscute diagrama de durată a acestui consum. Peste această diagramă urmează a se adăuga, după cum am arătat, pierderile reţelii termice.

5. Indici generali de consum urban de căldură

După ce am trecut în revistă natura, modul de calcul şi variaţiile diferitelor categorii de consumuri de căldură, ar fi fost interesant a prezenta şi unele cifre în legătură cu condiţiile din ţara noastră. Cum însă nu avem încă la noi instalaţii de termoficare urbană în funcţiune şi datele restrînse ce există nu depăşesc stadiul anteproiectării, am considerat mai interesant a reda în încheiere datele caracteristice pentru condiţiile din U.R.S.S. rezultate dintr-o îndelungată practică în acest domeniu. Tabela 2 redă

Tabela 2

Indici pentru consumul de căldură în diferitele regiuni ale U.R.S.S.

Natura consumului	Consum orar maxim kcal/h şi locuitor				Consum anual 10^6 kcal/an şi locuitor			
	Zona				Zona			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Încălzirea şi ventilaţia clădirilor de locuit şi sociale	1400	1250	1000	800	3,8	3,2	1,9	1,0
Consum casnic de apă caldă . .	400				1,2			
Băi publice . .	40				0,12			
Spălătorii . . .	60				0,24			
Cantine şi restaurante . . .	50				0,24			
Total ...	1950	1800	1550	1350	5,6	5,0	3,7	2,8

Zona 1 : Siberia, Urali şi nordul părţii europene a U.R.S.S.
Zona 2 : Zona de mijloc a părţii europene a U.R.S.S. şi partea de nord a Asiei Centrale.
Zona 3 : Partea de sud a părţii europene a U.R.S.S.
Zona 4 : Crimea, Caucazul, Asia Centrală.

pe lîngă cifrele totale ale consumurilor maxime orare de căldură şi consumurile anuale şi componenţa pe diferitele mari categorii de consumatori urbani. De observat că din cauza condiţiilor climatice foarte diferite, se disting în U.R.S.S. din

acest punct de vedere patru zone de consum, dintre care zona 3 se apropie cel mai mult de condiţiile din ţara noastră. Cifrele sînt luate din recenta lucrare a lui Kopiev [5] şi diferă întrucîtva de cifrele cunoscute pînă acum după Sokolov [4], în special în ceea ce priveşte componenţa structurală a consumului, valorile pentru consumul total fiind mai apropiate.

Cu cifrele din tabela 2 rezultă în U.R.S.S. următoarea densitate de consum termic pe km², în cvartaluri sau oraşe noi în care densitatea medie a populaţiei este de cea 25000 loc./km². (vezi tabela 3).

Tabela 3

Indici pentru densitatea consumului termic în U.R.S.S.

	Consum orar maxim de căldură 10^6. kcal/h. km²	Consum anual de căldură 10^6, kcal/an km²
Zona 1	49	140.000
Zona 2	45	125.000
Zona 3	39	92.000
Zona 4	34	70.000

6. Concluzii

Natura, mărimea şi variaţia consumului de căldură constituie elemente energetice de bază pentru studiul, proiectarea şi exploatarea instalaţiilor de termoficare urbană. Cum în materie de termoficare urbană, în ţara noastră, nu s-a depăşit încă stadiul de studii tehnico-economice sau de anteproiectare, nu dispunem încă de indici specifici condiţiilor noastre. Este însă în interesul direct al uşurării şi accelerării introducerii acestei forme superioare de gospodărire energetică urbană ca bazele energetice şi tehnico-economice să fie bine clarificate, în care scop ar fi interesant de a se dispune cît mai curînd de cifre de consum cu caracter general, de felul indicilor din U.R.S.S. redaţi mai sus.

Pentru stabilirea acestor indici generali este însă nevoie, după cum s-a arătat, de o serie de date auxiliare, ca de exemplu, caracteristica de încălzire a clădirilor(x)pentru diferitele construcţii ce intră la noi în considerare, fixarea unei temperaturii exterioare minime de calcul pentru ventilaţie, continuarea şi adîncirea cercetărilor în legătură cu temperaturlie exterioare minime convenţionale recent fixate, etc, la o căror lămurire institutele de specialitate şi orurile oficiale de resort sînt chemate a da un concurs deosebit de preţios.

Bibliografie

(1) *Stăncescu I. D.* Termoficarea. Principii — domenii de aplicare — importanţa energetică şi economică, Energetica, nr. 1—2/1953.

(2) *Gheorghiu St.* Termoficarea industrială, Energetica, nr. 3/1953.

(3) *Melentiev L. A.* Termoficarea, vol. II, Bazele teoretice ale construcţiei şi exploatării sistemelor de termof icare, Ed. Acad. de Ştiinţe a U.R.S.S., 1948, (trad. Editura Energetică de Stat, 1953).

(4) *Sokolov I. E.* Reţele termice, Moscova, 1948.

(5) *Kopiev S. F.* Alimentarea cu căldură, Moscova, 1953.

(6) *Belousov V. V.* Punerea în funcţiune a instalaţiilor de încălzire centrală. Moscova, 1953 (v. trad. I.D.T.).

(7) *Şiara V.* Influenţa temperaturii exterioare asupra proiectării construcţiilor, Standardizarea, nr. 5/1954.

(8) *Schulz E.* Centrale de termoficare şi economia energetică în oraşe, *Ber*lin, 1933.

(9) *Şubin* E. P. Proiectarea reţelelor termice urbane. Partea I Moscova 1952 (trad. Ed. Energetică de Stat 1954).

★

ГОРОДСКАЯ ТЕПЛОФИКАЦИЯ

I. Определение природы, величины и изменения теплопотребления

Резюме

После того как еще в первом номере этого журнала были изложены принципы теплофикации и была рассмотрена в общих чертах ее экономическая и энергетическая роль [1], в следующей статье были подробнее рассмотрены энергетические условия промышленной теплофикации [2].

Настоящая статья рассматривает энергетические условия городской теплофикации, анализируя природу, величину и изменение теплопотребления которое должна покрыть городская ТЭЦ. В следующей статье будут рассматриваться принципиальные решения и формы осуществления установок.

RIDICAREA DIAGRAMEI MOTOARELOR CU ARDERE INTERNĂ CU AJUTORUL INDICATORULUI PIEZOELECTRIC

Conf. ing. V. BERINDEAN

Dezvoltarea motoarelor cu combustie internă cu turaţie rapidă necesită pentru studiul proceselor de lucru dispozitive indicatoare a căror inerţie să nu influenţeze luarea diagramei indicate. In cadrul articolului se face un studiu asupra indicatoarelor piezoelectrice, care au utilizarea cea mai largă pentru indicarea motoarelor cu turaţie rapidă atît pentru scopuri ştiinţifice cît şi practice. In încheiere se arată rezultatele unei cercetări făcute cu indicatorul piezoelectric pentru motorul prototip I.M.B. de 45 CP şi n = 2 500 rot/min efectuată în vederea omologării prototipului.

Dezvoltarea motoarelor cu ardere internă, cu turaţie rapidă a făcut ca armonicile variaţiunii periodice a presiunii gazelor în cilindru să ajungă în domeniul frecvenţei proprii a mecanismelor înregistratoare ale indicatoarelor, astfel încît diagramele obţinute erau deformate de efectul forţelor de inerţie proprii ale mecanismului indicatoarelor; se observau oscilaţii puternice în special în timpul cursei de expansiune.

Faptul acesta s-a accentuat odată cu dezvoltarea motoarelor Diesel, prin trecerea de la motoarele cu insuflare, la motoarele cu injecţie fără aer; de la o ardere apropiată de arderea la presiunea constantă, la aceia la volum constant, de la o creştere înceată a presiunilor s-a ajuns la o creştere rapidă, de care trebuie să se ţină seama în timpul indicaţiei.

Deformarea diagramelor s-a evidenţiat prin variaţii puternice în timpul arderii şi a expansiunii şi prin indicarea nejustă a presiunii maxime.

Pentru a se micşora efectul forţelor de inerţie şi pentru a mări frecvenţa proprie a mecanismelor indicatoarelor s-a trecut la construirea de indicatoare mecanice atît de mici în cazul turaţiilor ridicate, încît diagramele obţinute nu depăşeau aproximativ 1 cm² ca suprafaţă, ceea ce face ca o planimetrare justă, respectiv o determinare justă a puterii precum şi cunoaşterea procesului de funcţionare din diagrama indicată să fie aproape imposibil de realizat.

Evitarea acestor lipsuri nu este posibilă decît prin utilizarea unor indicatoare a căror inerţie să fie practic neglijabilă. Din această categorie de indicatoare utilizabile pentru indicarea motoarelor cu turaţie rapidă fac parte şi indicatoarele electrice.

In realitate însă, nici indicatoarele electrice nu sînt fără inerţie, deoarece fiecare indicator electric are o membrană elastică, un cristal de cuarţ elastic, sau alte dispozitive, care au în orice caz o inerţie.

Poate fi considerată fără de inerţie numai transmiterea şi înscrierea presiunii şi aceasta numai în cazul cînd se utilizează un oscilograf catodic.

Pentru a înregistra forţe mecanice şi presiuni de gaze este absolut necesar:

1. Valorile presiunilor măsurate să fie transformate în variaţiile unui curent sau ale unei tensiuni electrice.

2. Valoarea abscisei necesară (timp, unghi de manivelă motoare, cursa pistonului) să fie transformată într-o formă electrică corespunzătoare şi să fie transmisă la oscilograf.

Dintre toate indicatoarele electrice, indicatorul piezoelectric este cel mai potrivit pentru frecvenţe foarte ridicate ale presiunilor. Deplasările dispozitivelor de măsurat sînt foarte mici, de aici rezultă o frecvenţă proprie foarte ridicată. Pe de altă parte sarcinile şi tensiunile rezultate sînt proporţionale cu presiunea.

Un dezavantaj constă în faptul că sarcinile electrice sînt extrem de mici, de aceea este necesară o izolaţie foarte sigură şi o aparatură foarte costisitoare şi complicată pentru amplificare şi măsurători, ceea ce necesită cunoştinţe speciale pentru utilizare.

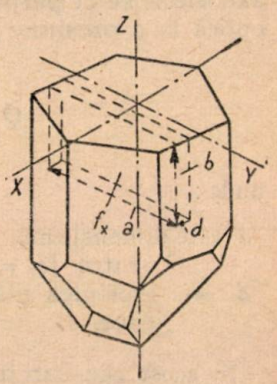


Fig. 1

Funcţionarea acestor indicatoare se bazează pe efectul piezoelectric a unor cristale :cuarţ, turmalină, tartrat de sodiu şi potasiu, pe suprafaţa cărora iau naştere sub efectul solicitărilor mecanice sarcini electrice proporţionale cu solicitarea şi independente de mărimea suprafeţei comprimate.

Din cauza însuşirilor mecanice foarte bune cuarţul se utilizează cu exclusivitate la toate aparatele de măsură tehnice şi la indicatoare.

La cuarţ care cristalizează în prizme hexagonale avînd suprapuse piramide hexagonale (fig.1) se disting următoarele axe : axa optică z în lungul prizmei, axa electrică x în diagonala prizmei şi axa neutră y care uneşte mijloacele a două laturi opuse ale hexagonului. Avem astfel trei axe electrice şi trei axe neutre. Sarcina piezoelectrică ia naştere pe suprafaţa perpendiculară pe axa electrică, dacă se taie din cristalul de cuarţ o lamă (plăcuţă) paralelă cu axa z şi în direcţia lui y; dacă se exercită o compresiune sau întindere pe direcţia lui x, plăcuţa se încarcă cu sarcini electrice.

Efectul piezoelectric se produce din cauză că la compresiune sau întindere în direcţia axelor electrice, distanţele dintre atomi, care constituie

rețeaua cristalină nu variază în același raport, ceea ce dă naștere la apariția unor sarcini electrice libere.

Efectul piezoelectric se obține de asemenea și în cazul cînd compresiunea sau întinderea se exercită perpendicular pe axa electrică, fiindcă o compresiune în această direcție din punct de vedere molecular are cam același efect ca o întindere în direcția axei electrice. De fapt fenomenul este mai complex (efect piezoelectric transversal). Sarcinile maxime se obțin dacă plăcuța de cristal de cuarț este tăiată așa cum s-a arătat anterior perpendicular pe axa electrică.

Calitățile piezoelectrice depind de sensul forței; compresiune sau întindere.

Mărimea sarcinii este dată de relația:

$$Q_x = e\,P_x \qquad (1)$$

unde e este modulul piezoelectric, iar P_x este forța care acționează paralel cu axa xx'.

Valoarea medie a lui e pentru cuarț este: 2.

Plăcile de cuarț pot fi solicitate pînă la cca. 2 000 kg/cm². Influența temperaturii este neînsemnată pînă la 450°C, pînă la 200°C variația lui e fiind de cca. 1,8% pentru fiecare creștere cu 100°C a temperaturii.

Dacă plăcuța de cuarț tăiată perpendicular pe axa electrică nu este comprimată în direcția axei electrice ci perpendicular pe axa electrică și optică la o presiune p/kg/cm² sarcina este:

$$Q = \frac{e'pa}{d} \qquad (2)$$

unde:

a este dimensiunea plăcuței în direcția axei neutre ($e' = e$);
d — grosimea plăcuței în direcția axei electrice.

In acest caz sarcina care ia naștere depinde de forma cuarțului. Ea este cu atît mai mică, cu cît plăcuța de cuarț este mai scurtă și mai lată (în direcția axei electrice).

In anumite cazuri efectul transversal este mai potrivit decît efectul longitudinal, fiindcă se poate mări sensibilitatea prin alegerea potrivită a dimensiunilor plăcuței.

Pentru dimensionarea elementelor piezoelectrice vom determina mărimea tensiunii plăcuței de cuarț cuprinsă între două armături metalice. Capacitatea condensatorului format din plăcuța de cuarț și armăturile ei este:

$$C = \frac{\varepsilon_r \varepsilon_0 f_x}{d} \text{ farad} \qquad (3)$$

în care:

$\varepsilon_r = 3{,}5$ este constanta dielectrică a plăcuței de cuarț;
ε_0 — constanta dielectrică a aerului ($\varepsilon_0 = 8{,}86 \cdot 10^{-14}$);
d — grosimea plăcii de cuarț în cm;
f_x — suprafața plăcuței în cm².

Tensiunea la armătura plăcii de cuarț este:

$$U = \frac{eP_x}{C} \qquad (4)$$

această tensiune se poate măsura cu electrometre sensibile.

Pentru a amplifica această tensiune, armăturile lamei de piezocuarț se leagă la grila unei lămpi amplificatoare de o construcție specială, avînd o capacitate mică de intrare și o rezistență cît mai mare de scurgere la grilă.

Astfel vom avea în paralel cu plăcuța piezocristalului capacitatea conductei de legătură și capacitatea de intrare a lămpii amplificatoare.

Tensiunea piezocuarțului este în acest caz:

$$U = \frac{e\,P_x}{C + C_0} \qquad (5)$$

unde C_0 este capacitatea suplimentară datorită montajului în circuit.

Sensibilitatea unui element piezoelectric este determinată prin raportul:

$$S = \frac{\mathrm{d}U}{\mathrm{d}P_x} = \frac{d}{\mathrm{d}P_x}\left[\frac{e\,P_x}{C + C_0}\right] = \frac{e}{C + C_0}. \qquad (6)$$

Astfel sensibilitatea se poate varia prin schimbarea capacității circuitului.

Piezoelementul poate funcționa exact numai în cazul cînd rezistențele de scurgere între conductorii legați la armăturile cristalului sînt foarte mari. Aceste rezistențe sînt determinate de conductibilitatea de volum și de suprafață a cristalului, de rezistența izolației cablului de legătură, de conductibilitatea superficială pe sticlă între intrările grilei și ale catodei lămpii amplificatoare.

Dacă în momentul inițial tensiunea la armăturile plăcii este U_0^v, iar rezistența echivalentă între conductori este R_{ech}, atunci cantitatea de electricitate ce se scurge de pe armături în intervalul dt este:

$$\mathrm{d}Q = -i\,\mathrm{d}t \qquad (7)$$

unde: $i = \frac{U}{R_{ech}}$ este valoarea instantanee a intensității de curent.

Astfel:

$$\mathrm{d}Q = \frac{U}{R_{ech}}\,\mathrm{d}t \qquad (8)$$

sau

$$\frac{\mathrm{d}Q}{C + C_0} = -\frac{U}{R_{ech}}\frac{\mathrm{d}t}{C + C_0} \qquad (9)$$

$$\mathrm{d}U = -\frac{U}{R_{ech}}\frac{\mathrm{d}t}{C + C_0} \qquad (10)$$

$$\frac{\mathrm{d}U}{U} = -\frac{\mathrm{d}t}{R_{ech}(C + C_0)} \qquad (11)$$

integrînd ecuaţia (12) se obţine :

$$L\frac{U_0}{U} = \frac{t}{R_{ech}(C + C_0)} \qquad (12)$$

$$U = U_0 e^{-\frac{t}{T}} \qquad (13)$$

unde

$$T = R_{ech}(C + C_0) \qquad (14)$$

U scăzînd exponenţial şi foarte rapid rezultă că, chiar la o izolaţie foarte bună avem o micşorare apreciabilă a tensiunii în fracţiuni de secundă ca durată.

Pentru a evita în timpul indicării erori însemnate din cauza scurgerii sarcinilor, constanta de timp T a schemei trebuie să fie mare faţă de perioada de variaţie a presiunii de măsurat.

Pentru a reda variaţia de tensiune cu ajutorul oscilografelor trebuie ca la elementul piezoelectric să fie conectat un amplificator de tensiune (voltmetru electronic) la care însă trebuie să ţinem seama de izolaţia piezoelementului, de izolaţia cablului şi de a grilei, fiindcă sarcina q are tendinţa să se scurgă prin rezistenţa de izolaţie.

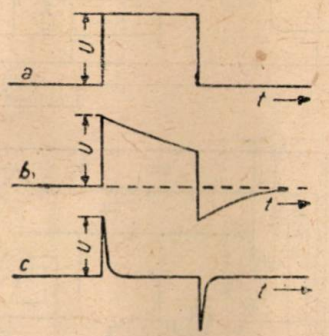


Fig. 2

Dacă intervine o forţă P ia naştere tensiunea U, care se amortizează conform ecuaţiei :

$$U = U_0 e^{-\frac{t}{T}}$$

In fig. 2 se arată variaţia de tensiune datorită unei presiuni în cazul unei izolaţii de grilă ideală (*a*) pentru o izolaţie mai rea (*b*) şi pentru o izolaţie foarte scăzută (*c*). In cazul (*b*) tensiunea începe îndată după producerea ei să se amortizeze conform legii stabilite anterior. După descărcare se produce din cauza pierderii de sarcină o tensiune de sens contrar, în ultimul caz sarcina care ia naştere se scurge îndată.

La o izolaţie foarte bună cu $R = 10^{12-9}$ şi cu o constantă de timp de $T = 300$ s se poate obţine U, cu 0,007% mai mic decît U_0. Cu toate că această constantă de timp este la diagramele normale acoperitoare, totuşi la toate măsurătorile cu piezocuarţ trebuie o atenţie deosebită în vederea asigurării unei izolaţii foarte bune a elementului piezoelectric, a cablului de legătură, a condensatorului şi a grilei lămpii amplificatoare, în special va trebui să se evite orice fel de umezeală.

Elementele piezoelectrice (fig. 3) constau în general dintr-o carcasă de oţel, care se înşurubează în peretele camerei de combustie şi care conţine elementele piezoelectrice.

Presiunea de măsurat acţionează asupra unei membrane sau asupra unui piston. La elementul piezoelectric al indicatorului (Zeiss Ikon) folosit de noi avem o coloană de cuarţ compusă din 9 lame de cuarţ. In general coloana de cuarţ este compusă din 2—9 lame de cuarţ şlefuite aşezate una deasupra alteia (10—25 mm ⌀ cu 3—6 mm grosime) între care se interpun foiţe subţiri de material conductor (foiţe de staniol). Foiţele de staniol vin în contact cu lamele de cuarţ de aceiaşi polaritate şi sînt legate în paralel. Astfel cu cît este mai mare numărul lamelor cu atît mai mare este sarcina produsă şi sensibilitatea elementului piezoelectric. In caz cînd avem mai multe plăcuţe de cuarţ, ele trebuie să fie mai subţiri, iar elementul piezoelectric are dimensiuni mai mari, este mai scump şi se poate defecta mai uşor.

In prezent tendinţa este de a se micşora numărul lamelor de cuarţ din motive de simplificare constructivă, siguranţă de funcţionare şi preţ mai redus. Se utilizează de obicei două plăci de cuarţ şi se prevede în acest caz o amplificare mai mare.

Plăcile de cuarţ au o tensiune iniţială care este reglabilă cu ajutorul unui şurub. Din cauză că drumul parcurs în timpul unei măsurători de coloana de cuarţ este foarte mic este foarte important ca suprafeţele de rezemare să fie astfel construite, încît să nu avem părţi care să alunece cu frecare în direcţia solicitării.

Acest efect este asemănător cu fenomenul de histereză, însă se deosebeşte prin faptul că suprafaţa de reazăm nu se destinde treptat, ci prin şocuri din timp în timp, şi tot prin şocuri îşi reia poziţia iniţială după încetarea acţiunii solicitării.

Aceste solicitări denumite tectonice se evidenţiază în diagrama indicată prin frecvenţe de

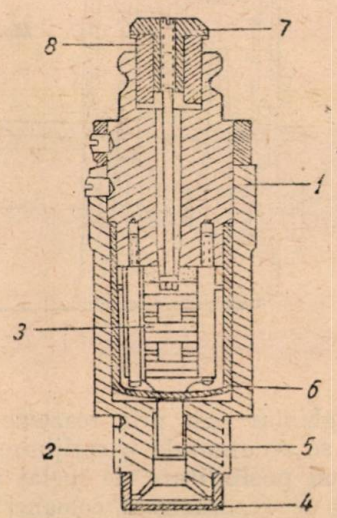


Fig. 3

1-carcasa ; 2-filet normal de bujie ; 3-lame (plăcuţe) de cuarţ ; 4-membrană ; 5-pistonaş ; 6-bucşe cu membrană ; 7-contact ; 8-bucşe cu chihlimbar.

un ordin foarte ridicat (mult peste 10 000 Hz) ; cu toate că aceste alunecări sînt microscopice pot provoca erori importante după cum reiese din exemplul următor : un cristal de piezocuarţ cu o înălţime de 0,5 cm, un modul de elasticitate 10^6 kg/cm^2 şi cu o suprafaţă de compresiune

dublă ca a pistonaşului (1 kg/cm² presiunea gazelor, dă o presiune de 0,5 kg/cm² la plăcuţa de cuarţ) dacă suferă o alungire de 10^{-4} cm din cauza alunecării suprafeţei de reazăm atunci eroarea în indicarea presiunii este :

$$\frac{10^6 \text{ kg/cm}^2 \cdot 10^{-4} \text{ cm}}{0{,}5 \text{ cm} \cdot 0{,}5} = 400 \text{ kg/cm}^2. \qquad (15)$$

Din această cauză nu se recomandă ca suprafeţele de reazem să fie sprijinite pe şuruburi cu filet triunghiular sau prin reazeme sferice sau conice, ci se recomandă o sprijinire indeformabilă, sau cu posibilitate de reglaj a suprafeţei superioare de rezemare a coloanei plăcilor de cuarţ.

Din cauza sarcinilor electrice foarte mici plăcile de cuarţ şi cablurile de legătură trebuie izolate cu grijă. De aceea este avantajos să se construiască camera coloanei plăcilor de cuarţ închisă etanş, şi închiderea ei înspre cilindrul motorului să fie prevăzută cu o membrană. Membrana de închidere din cauza încălzirilor şi dilataţiilor survenite capătă o tensiune iniţială variabilă ceea ce provoacă o abatere de la curba de verificare a elementului piezoelectric. Din această cauză etanşarea cu ajutorul unui pistonaş dă o exactitate mai ridicată.

Această dispoziţie însă permite pătrunderea în interiorul camerei a vaporilor de ulei şi de apă. Ambele cerinţe sînt satisfăcute prin aşezarea membranei ceva mai departe de peretele încălzit al cilindrului sau prin utilizarea unei membrane foarte moi deasupra pistonului. In timpul funcţionării membrana creiază o presiune adiţională extrem de mică în jurul a 0,01, kg/cm²; în caz cînd elementul este răcit cu apă variaţiile bruşte de temperatură a gazelor nu provoacă tensiuni iniţiale din cauza dilataţiei neuniforme a coloanei de cuarţ şi a părţii metalice a elementului.

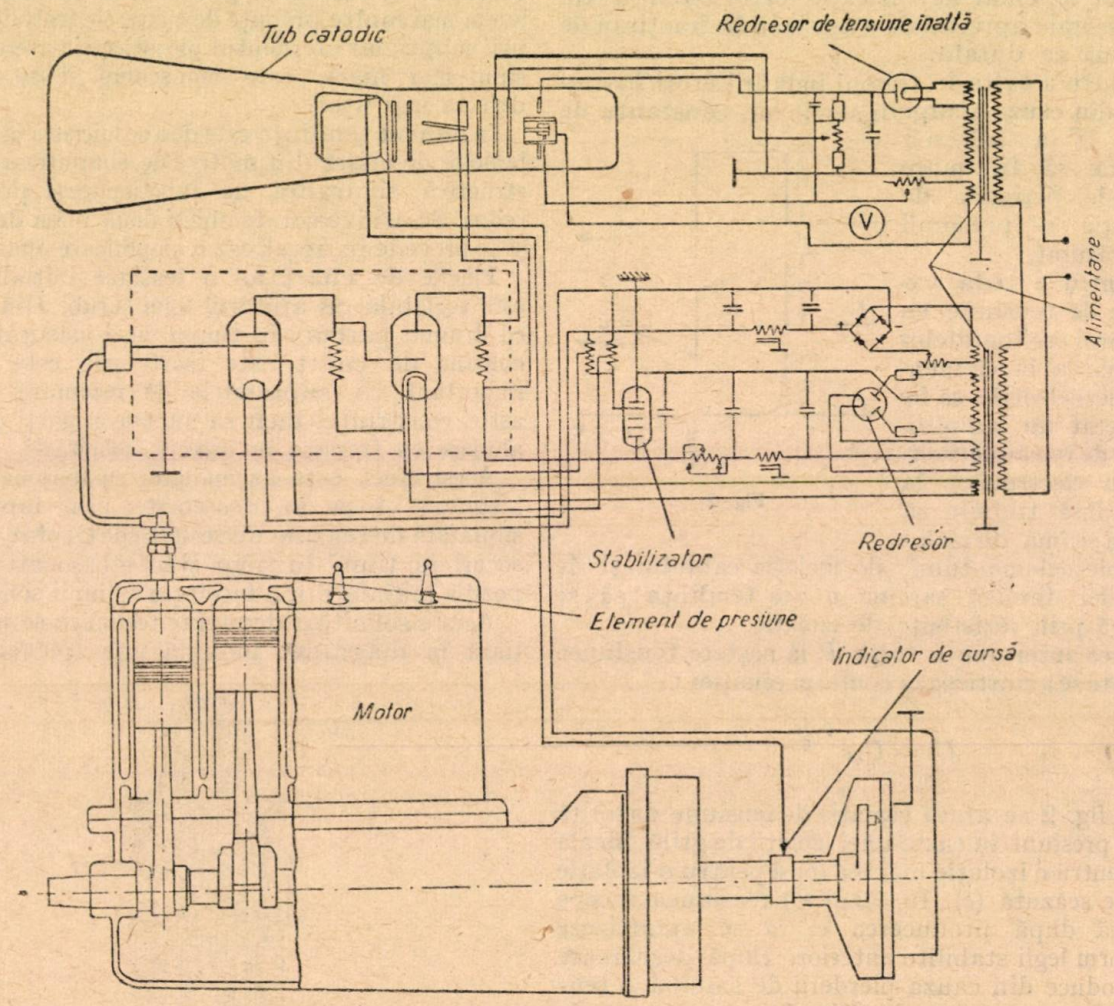


Fig. 4

In fig. 4 se dă schema amplificatorului indicatorului piezoelectric utilizat de noi. El se compune din următoarele părţi principale :

1. Un voltmetru electronic în două trepte care amplifică sarcinile produse de elementul piezoelectric cca. de 100 de ori şi le transformă în tensiuni.

2. Un redresor care dă o tensiune de cca. 1500V pentru funcţionarea oscilografului catodic.

3. Surse de tensiune pentru voltmetrul electronic, pentru indicatorul de cursă şi pentru

instrumentele de control, precum şi un regulator pentru fixarea tensiunilor necesare pentru funcţionare şi a mărimii diagramei.

Osciloscopul catodic din cauza lipsei părţilor mobile, a erorilor de inerţie foarte mici şi a utilizării uşoare are o utilizare din ce în ce mai mare în măsurătorile tehnice. Tubul catodic constă dintr-un vas de sticlă în formă de pîlnie prevăzut cu doi electrozi: filamentul (catoda) şi

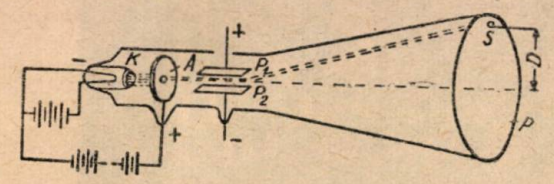


Fig. 5

anoda. Filamentul este încălzit cu un curent de intensitate mică la o tensiune de 2,5—3 V şi o mică deschidere în mijlocul anodului permite trecerea unei raze foarte subţiri de electroni, care ajungînd pe ecranul tubului provoacă fluorescenţa substanţei dînd un punct luminos (substanţa fluorescentă a tubului este un amestec de ortosilicat de zinc şi de wolframat de calciu). Raza catodică poate fi deviată electrostatic sau electromagnetic.

In fig. 5 se arată devierea electrostatică cu ajutorul a două plăci P_1 şi P_2, placa pozitivă atrage electronii şi variază astfel direcţia razei de electroni şi ca urmare poziţia punctului pe ecranul tubului catodic. Devierea punctului luminos este aproximativ proporţională cu tensiunea aplicată plăcilor.

In practică se utilizează metoda de deviere electrostatică, din cauza construcţiei mai simple şi a limitării mai precise a cîmpului electric în comparaţie cu cîmpul magnetic.

Pentru utilizarea ca indicator a tubului catodic sînt necesare devieri în două direcţii perpendiculare, de aceia se utilizează două perechi de plăci aşezate perpendicular, la o pereche de plăci se leagă o tensiune proporţională cu presiunea, iar la cealaltă pereche o tensiune proporţională cu deplasarea pistonului.

Viteza electronilor este proporţională cu rădăcina pătrată a diferenţei de potenţial între anod şi catod, conform relaţiei următoare:

$$v = 5{,}95 \cdot 10^7 \sqrt{V}. \qquad (15)$$

Astfel unui potenţial de 300 V îi corespunde o viteză de 10 000 km/s. Un tub catodic cu 20 cm distanţă între plăcile deviatoare şi ecran va fi parcurs de raza de electroni în $5 \cdot 10^{-7}$ s; variaţia direcţiei razei corespunzătoare variaţiei de potenţial va fi urmărită practic fără întîrziere şi tubul catodic este utilizabil pînă la frecvenţă de 50 000 Hz.

Pentru acţionarea tubului catodic sînt necesare surse de curent şi dispozitive de control diferite, care se obţin de la reţeaua de curent cu ajutorul redresorilor. Pentru încălzirea catodului este necesară o tensiune de cca. 2,5—3 V. La anod este necesară o tensiune înaltă de cca. 1 500 V. Tensiunea de încălzire şi tensiunea anod trebuie să fie reglabilă pentru a fixa intensitatea şi claritatea punctului.

Tensiunile ridicate sînt periculoase pentru personalul care deserveşte aparatul, de aceea trebuie luate măsuri de protecţie pentru a evita ca personalul să ajungă în contact cu tensiunea înaltă.

Indicatorul de curse fig. 6, serveşte pentru transformarea deplasării pistonului în variaţii corespunzătoare de tensiune, care sînt utilizate pentru comanda deplasării razei catodice în direcţia orizontală.

Indicatorul de cursă este alimentat de la aparatul care conţine amplificatorul (aparat de reţea) cu curent continuu şi constă de fapt dintr-un potenţiometru pe rezistenţa căreia se deplasează o perie de contact. Tensiunile date de bobina potenţiometrică a indicatorului de cursă sînt proporţionale cu cursa pistonului. Rezistenţa este bobinată pe o placă astfel încît în direcţia perpendiculară pe direcţia sîrmelor de

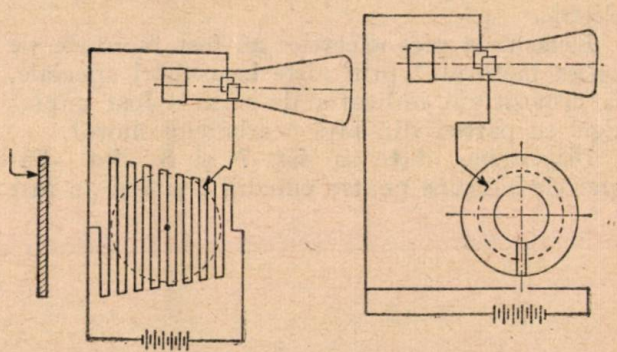


Fig. 6

bobinat avem o creştere a rezistenţei corespunzătoare cu creşterea numărului de spire, în timp ce în direcţia sîrmei de bobinaj nu avem o rezistenţă apreciabilă.

Pentru obţinerea diagramei: presiune unghi de manivelă motoare se înlocuieşte rezistenţa potenţiometrică trapezoidală cu o rezistenţă circulară, care în loc de sîrmă de bobinaj are un strat foarte fin de grafit.

Peria de contact descrie în mişcarea sa un cerc şi ca urmare între perie şi capătul rezistenţei ia naştere o tensiune sinusoidală. Pentru a ţine seama de lungimea finită a bielei, placa potenţiometrului are o formă trapezoidală, astfel tensiunea obţinută corespunde exact cu cursa pistonului. Adaptarea la diferite rapoarte dintre raza manivelei motoare şi a lungimii bielei se face prin deplasarea periei de contact pe suportul ei în poziţiile indicate pentru diferite valori ale acestui raport.

Exemplu de utilizare a indicatorului piezoelectric. In cadrul colaborării laboratorului de motoare cu combustie internă cu industria a fost încercat în cursul anului 1953, motorul prototip I.M.B. construit la fabrica I.M.B. din Timişoara, cu $N = 45$ CP la $n = 2\,500$ rot/min, unde din cauza turaţiei ridicate a fost necesar să se utilizeze pentru indicare un indicator piezoelectric.

Elementele piezoelectrice au fost montate pe culasa motorului prin nişte înşurubări speciale, iar dispozitivul indicator de cursă a fost cuplat rigid cu partea din faţă a arborelui motor.

Diagramele date în fig. 7 şi 8 sînt diagramele indicate pentru cilindrii *1* şi *3* şi au fost luate prin fotografiere de pe ecranul tubului catodic la o sarcină de $N=44$ CP şi $n=2\,510$ rot/min.

Diagramele indică o ardere foarte apropiată de cea izocoră şi a fost necesar să se regleze avansul la aprindere în vederea obţinerii unei variaţii mai continue a presiunii în regiunea arderii.

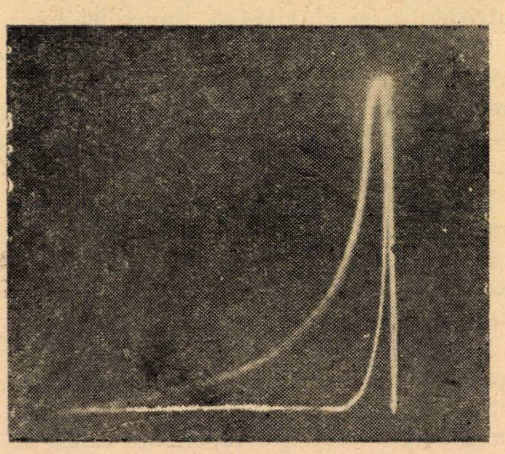


Fig. 7

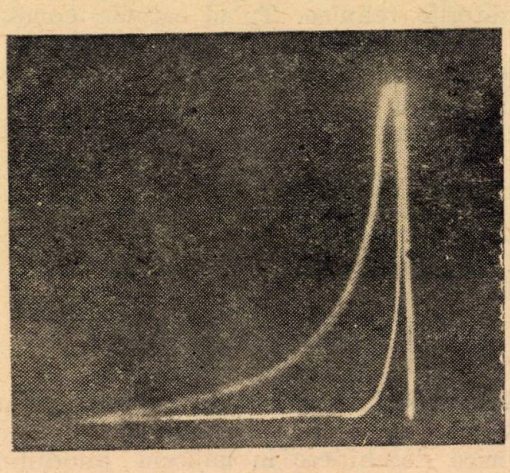


Fig. 8

Bibliografie

Soroko V. I., Novilki : Încercarea motoarelor de autotractoare, Maşghiz, Moscova, 1950.

Iuhasz K. I. şi *Geiger :* Indicatorul piezoelectric Zeiss Ikon., Berlin, Springer, 1938.

★

СНЯТИЕ ДИАГРАММЫ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДАТЧИКА

Резюме

Развитие быстроходных двигателей внутреннего сгорания нуждается в безинерционных индикаторах невлияющих на снятие индикаторной диаграммы при изучении рабочих процессов.

В статье рассматриваются пьезоэлектрические датчики имеющие наибольшее распространение для быстроходных двигателей как для научных так и для практических целей.

В заключение даются результаты испытаний произведенных пьезоэлектрическим индикатором на прототипе двигателя И.М.Б., 45 л. с, и 2500 об/мин. ввиду его утверждения.

FUNCŢIONAREA CUPTOARELOR ELECTRICE CU ARC, RACORDATE LA REŢELE ELECTRICE TRIFAZATE DE ÎNALTĂ TENSIUNE ŞI INFLUENŢA LOR ASUPRA REŢELELOR

Ing. VLAD RĂDULESCU

Articolul conţine o examinare detaliată a caracteristicilor de funcţionare a cuptoarelor electrice cu arc, în special a celor utilizate la topirea oţelurilor, deducîndu-se influenţele nefavorabile pe care le pot avea în reţelele electrice la care sînt racordate, prin căderi de tensiune, stricarea stabilităţii statice a sistemelor energetice respective şi deformarea curentului, datorită arcului electric. Se indică totodată mijloacele necesare pentru a se menţine aceste influenţe nefavorabile în limite minime. În fine se arată şi influenţele favorabile asupra sistemelor energetice la care sînt racordate, a cuptoarelor mari cu arc, datorită duratei lor mari de utilizare şi factorului de putere mediu ridicat la care funcţionează.

I. Proprietăţi şi caracteristici ale cuptoarelor electrice cu arc

1. **Consideraţii generale.** Dezvoltarea rapidă a industriei grele în ţările cu economie socialistă a cauzat o întrebuinţare din ce în ce mai intensă a cuptoarelor electrice de toate felurile, datorită avantajelor incontestabile, tehnice şi economice, prezentate de aceste cuptoare. Totodată, utilizarea cuptoarelor electrice s-a întins şi în industriile chimice de tot felul, în industria sticlăriei şi ceramicei, a obiectelor de larg consum şi în industria alimentară.

Datorită variatelor lor funcţii în toate aceste industrii, există astăzi cuptoare electrice absorbind puteri de la cîteva sute kilowaţi pînă la circa 30 000 kilowaţi. Or, în astfel de condiţii s-a pus în mod necesar problema *alimentării cu energie electrică a cuptoarelor mari*, de ordinul cîtorva mii sau zeci de mii de kilowaţi putere electrică absorbită, alimentare care nu se poate face decît din sisteme energetice în care debitează, de regulă, mai multe centrale electrice.

Pe de altă parte, puterile electrice maxime sînt, de regulă, cerute de cuptoarele electrice utilizate la elaborarea oţelurilor şi fero-aliajelor, precum şi la prepararea carbidului, procese în care se preferă utilizarea *cuptoarelor electrice cu arc*.

Dar cuptoarele cu arc prezintă anumite particularităţi de funcţionare, care la rîndul lor necesită anumite precauţii la racordarea lor la reţelele sistemelor energetice, precum şi anumite măsuri speciale în proiectarea şi realizarea reţelelor şi staţiilor electrice de alimentare a instalaţiilor de cuptoare cu arc. Acestea se impun cu atît mai mult, cu cît dezvoltarea rapidă a producţiei în toate industriile impun condiţii din ce în ce mai riguroase factorilor de calitate ai energiei electrice : tensiunea şi frecvenţa, despre care se ştie că nu pot varia decît în limite foarte reduse.

Pentru a deduce în mod cît mai lămurit toate măsurile arătate în cele ce preced, este necesar în prealabil să cunoaştem caracteristicile de funcţionare ale cuptoarelor electrice cu arc; acestea se descriu în cele ce urmează.

2. **Caracteristicile topirii metalelor în cuptoarele electrice cu arc.** Majoritatea cuptoarelor cu arc se întrebuinţează la elaborări de oţeluri din fier vechi. Întrucît procesul de topire al fierului vechi necesită o consumaţie importantă de energie electrică — de la 500 la 1 000 kWh pe tonă de oţel topit, — costul energiei electrice încarcă sensibil costul oţelului. De aceea, oţelurile ordinare se produc de regulă în cuptoare cu combustibil, de tipul Siemens-Martin, întrucît aceste oţeluri se valorifică la un cost relativ redus, în care costul energiei calorice utilizate la elaborare (respectiv al combustibilului utilizat) intervine cu un procent acceptabil.

Se rezervă în schimb pentru cuptoarele electrice cu arc elaborarea oţelurilor numite *de calitate*, avînd caracteristici fizice superioare şi caracterizate din punct de vedere chimic prin puritatea lor, fiind lipsite de elemente inutile şi în special de sulf. Ori, această puritate nu se poate obţine decît la temperaturi înalte, care permit topirea şi separarea acestor elemente nefolositoare în zgură, ceea ce nu se poate realiza decît în cuptoarele electrice cu arc. Totodată, posibilitatea uşoară de reglaj a acestor temperaturi dă o deosebită productivitate cuptoarelor electrice cu arc.

Aceasta face ca în preţul de cost al oţelurilor de calitate, care se pot valorifica la preţuri de vînzare mai mari decît la oţelurile ordinare, manopera şi cheltuielile de exploatare să intervină într-un procent foarte mic, iar costul energiei electrice într-o proporţie acceptabilă.

La elaborarea oţelurilor de calitate, denumite în majoritatea cazurilor oţeluri aliate, din cauză că ele se aliază cu anumite metale scumpe, care le îmbunătăţesc calitatea, intervin următoarele operaţii : topirea încărcăturii metalice, eliminarea elementelor dăunătoare din încărcătură, introducerea metalelor de aliaj, scurgerea metalului lichid în oala de turnare, de unde se toarnă apoi în piese sau lingouri.

Toate aceste operaţii au o importanţă diferind de la una la alta, după cum diferă şi condiţiile pe care le impun mărimilor electrice ce intervin în exploatarea cuptoarelor cu arc.

Topirea încărcăturii metalice trebuie să se efectueze într-un timp foarte scurt şi cu un consum minim de energie electrică. Perioada de topire este totodată caracterizată printr-un regim electric nestabil al cuptorului, — sau mai bine zis, arcul format între capetele electrozilor cuptorului şi încărcătura metalică este nestabil. De asemenea, din cauza distanţelor mici între electrozi şi această încărcătură, schimbări mărunte în poziţia electrozilor, intervenind în această perioadă, sau deplasări ale bucăţilor din încărcătură pot provoca fie întreruperea arcului, fie scurtcircuite metalice între electrozi, prin atingerea directă a acestora cu metalul.

Într-un cuptor cu arc este valabilă relaţia generală de tensiuni

$$U = R\,I + j\,L\,\omega\,I \qquad (1)$$

în care :

U este tensiunea eficace între bornele înfăşurării secundare a transformatorului de alimentare, în cazul cuptorului cu arc monofazat ; pentru cazul cel mai frecvent în practică al cuptorului trifazat, U reprezintă tensiunea între o bornă a înfăşurării secundare şi punctul neutru al cuptorului reprezentat de regulă prin baia de metal topit din cuptor ;

R — rezistenţa unei faze din cuptor între aceleaşi puncte arătate în aliniatul precedent, considerîndu-se pentru simplificare rezistenţa electrozilor şi legăturilor electrice egală cu zero, astfel încît R reprezintă rezistenţa utilă, a arcului şi băii (încărcăturii de metal) ;

I — curentul eficace pe fază, în cuptor ;

$L\,\omega$ — reactanţa pe fază, în cuptor.

De obicei în ecuaţia (1) se exprimă I în funcţie de ceilalţi termeni, împărţindu-i cu $L\omega$ şi izolîndu-i în primul membru. Este uşor de văzut în acest caz că pentru cazul unui scurtcircuit metalic, $R = 0$; de unde rezultă expresia curentului de scurtcircuit teoretic al cuptorului :

$$I_{sc} = \frac{U}{L\omega} = U \cdot G_e \qquad (2)$$

în care G_e este susceptanţa cuptorului la $R = 0$, denumită încă în practică *caracterictica conductivă externă.*

În realitate însă, rezistenţa r a electrozilor şi legăturilor este diferită de zero, astfel încît avem de a face cu un curent de scurtcircuit practic, exprimat prin relaţia :

$$I_{sc} = \frac{U}{\sqrt{r^2 + L^2\,\omega^2}} = U \cdot G_i \qquad (3)$$

în care G_i admitanţa efectivă pe fază în cuptor, se mai denumeşte în practică şi *caracteristică conductivă internă.*

Întrucît producerea scurtcircuitelor metalice reprezintă un fenomen inerent exploatării cuptoarelor cu arc, este de primă importanţă examinarea atentă a acestor scurtcircuite.

Curentul de scurtcircuit fiind determinat de tensiunea aplicată cuptorului, de frecvenţă şi de constantele r şi L, prin construcţia cuptorului, — calculîndu-se în consecinţă constantele şi alegîndu-se tensiunea optimă, la frecvenţa dată, se poate limita raportul între curentul de scurtcircuit practic şi curentul nominal al cuptorului, la maximum 3,5.

În ceea ce priveşte curentul nominal al unui cuptor cu arc, aceasta este curentul la care cuptorul funcţionează în majoritatea timpului şi în condiţiile optime economice pentru ansamblul instalaţiei. La prima vedere, s-ar părea că funcţionarea optimă corespunde puterii active maxime pe care o poate absorbi cuptorul cu arc, putere definită prin produsul dintre tensiunea U, curentul I egal numericeşte cu jumătatea curentului de scurtcircuit teoretic înmulţit cu $\sqrt{2}$ — şi cosinusul de 45°.

Expresia revine, după simplificare, la :

$$P_{a\,max} = \frac{1}{2} \cdot U^2 \cdot G_e \qquad (4)$$

în care U este exprimat în volţi şi G_e în ohmi^{-1}, ultima mărime fiind numai numericeşte egală cu susceptanţa cuptorului. Aceasta întru cît din diagrama cercului, pe care se studiază variaţia curentului între valorile zero şi I_{sc} la un cuptor dat, rezultă că puterea maximă activă se absoarbe la un decalaj $\varphi = 45°$ al curentului faţă de tensiunea aplicată, presupunîndu-le sinusoidale, — respectiv la un factor de putere egal cu 0,707.

Ori, calculele tehnico-economice arată că este preferabil a se funcţiona la un curent mai mic decît cel corespunzător puterii maxime absorbite, lungind astfel timpul de topire — dar obţinîndu-se în schimb o valoare mai mare a factorului de putere al cuptorului şi totodată a randamentului lui electric. Se precizează că acesta din urmă este teoretic egal cu 1 la $\cos \varphi = 1$, scăzînd odată cu factorul de putere.

De altfel, în timpul topirii, producîndu-se un număr mare de şocuri de curent, datorită scurtcircuitelor amintite, valoarea medie a curenţilor şi mai ales media lor pătratică întrece valoarea medie de funcţionare a curentului în restul şarjei, care ar trebui să definească valoarea nominală a curentului.

Astfel, puterea medie absorbită în timpul topirii se apropie totuşi de puterea maximă ce poate fi absorbită de cuptor şi deci topirea se poate realiza într-un timp minim.

Dacă electrozii cuptorului cu arc ar fi ficşi, operaţia topirii ar începe printr-o oscilaţie a curentului absorbit, între zero (întreruperea arcului) şi 3,5 I_{max}. În realitate însă, cuptoarele

cu arc moderne sînt prevăzute în majoritatea cazurilor cu reglajul automat al electrozilor. În cadrul acestui reglaj, cînd curentul din arc creşte, electrozii sînt îndepărtaţi de masa metalică (cazul cuptoarelor de topit oţel, cu acţiune directă) sau între ei (cazul cuptoarelor de metale neferoase, cu acţiune indirectă). Invers, electrozii sînt apropiaţi de masa metalică, respectiv între ei, cînd curentul scade. Reglajul automat tinde astfel să păstreze o lungime de arc constantă, ceea ce revine la menţinerea constantă a curentului în arc, indiferent de mărimea care influenţează regulatorul, fiindcă curentul depinde de lungimea arcului, cu condiţia menţinerii constante şi a tensiunii aplicate arcului. După cum se va arăta mai departe însă, această condiţie în general nu se poate respecta, întrucît reglajul la curent constant se face cu preţul unor importante inconveniente pentru reţeaua electrică de alimentare. De aceea, în principiu regulatoarele automate admit anumite limite de variaţie ale curentului în arc, limite sporite prin inerţia mecanică a sistemului de reglaj, mişcarea electrozilor fiind produsă de servomotoare prin intermediul unor transmisii mecanice.

Infine, ţinînd seama de variaţiile corespunzătoare ale tensiunii aplicate cuptorului, reglajul automat permite o variaţie a puterii absorbite în perioada de topire între $\pm$ 25% din puterea medie absorbită, în cazul unei încărcături iniţiale solide şi între $\pm$ 10% din aceeaşi putere, în cazul încărcăturii iniţiale lichide (metal topit).

Avînd însă în vedere repeziciunea schimbărilor situaţiei materialului în cuptor, care implică produceri de scurtcircuite cu durate sub o secundă, precum şi asimetrii importante pe faze, la cuptoarele trifazate oscilaţiile sînt mai importante pe anumite perioade scurte, mai ales în primele minute ale perioadei de topire.

Intr-adevăr, la pornirea din starea de repaus sau după o perioadă de nemişcare a electrozilor, reglajul automat acţionează cu întîrziere, permiţînd o oscilaţie în limite mai mari a puterii active absorbite, — respectiv ale curentului absorbit.

Cercetările făcute în U.R.S.S. cu un cuptor cu arc de 5 tone capacitate în Uzinele „Bolşevic" şi cu un cuptor de 8 t din Uzinele „Secera şi Ciocanul", au arătat că în perioada de topire, şocurile de curent comportînd oscilaţii peste cele arătate ca fiind permise de reglajul automat, se pot clasa cam în următorul mod :

	% din durata topirii
Şocuri de curent cu o valoare medie pînă la de 1,5 ori curentul nominal	15—20
Idem, pînă la de 2 ori curentul nominal	3— 5
Idem, pînă la de 2,5 ori curentul nominal	0,5— 1

(cifrele sînt valabile pentru încărcătură solidă)

Rezultă de aici că întrucît perioada de topire durează în general la cuptoare cu arc între 1,5 şi 2 ore, durata totală a vîrfurilor mai mari ca 2 *I* nominal conducînd la variaţii de puteri absorbite de acelaşi ordin de mărime, nu depăşeşte 1,2 minute, fiecare vîrf în parte fiind de ordinul de secunde sau chiar de fracţiuni de secundă.

La fel, vîrfurile pînă la de două ori curentul nominal totalizează maximum şase minute.

De obicei se apreciază durata maximă a supraîncărcărilor la 2—5 s. De la 5 la 10 s acţionează protecţia contra supraintensităţilor a întrerupătorului de pe partea de înaltă tensiune a cuptorului, deconectîndu-l. Releele de supraintensitate se reglează de obicei la 3,5 ori curentul nominal al reglajului automat, permiţînd astfel producerea de vîrfuri de 2,5 nominal şi la durata de cîteva secunde. Bineînţeles însă că această durată nu trebuie considerată ca fiind aceea a unui vîrf de sarcină constant, ci ca durată a producerii unei serii de vîrfuri instantanee, avînd ca valoare medie pe cea menţionată.

De altfel, inerţia echipajului mobil al watmetrelor înregistratoare şi fineţea peniţelor respective nu permite să se obţină pe diagrame decît puterea absorbită medie pe durată de minimum un minut.

Mai trebuie observat că pentru cazuri de nefuncţionare a reglajului automat, trebuie luate măsuri de precauţie pentru ca şocurile de curent în reţeaua de înaltă tensiune să nu depăşească 2,5 *I* nominal al cuptorului, sau maximum 3 *I* nominal, şocuri care încă nu provoacă reacţii grave în reţelele regionale. Pentru aceasta, se cere ca reactanţa instalaţiei de cuptoare să fie de ordinul de 30—40%, urmînd a se obţine aceasta prin una din următoarele soluţii :

a) Montarea de bobine de reactanţă (reactori) cu sîmbure de oţel şi răcite cu ulei, în serie cu fiecare fază pe partea de înaltă tensiune a transformatorului de alimentare a cuptorului respectiv.

Rectanţa necesară a acestor bobine rezultă din următoarele cifre :

Reactanţa reţelei cuptorului, circa	10%—10%
Reactanţa transformatorului de alimentare circa	5%— 8%
Reactanţa bobinei (reactorului) circa	15%—25%
Total	30%—43%

b) Construcţia transformatorului de alimentare cu o tensiune de scurtcircuit de maximum 20%, ceea ce duce aproximativ la acelaşi rezultat.

Se preferă în prezent ultima soluţie, reactorii complicînd şi scumpind instalaţiile de cuptoare. O soluţie medie ar mai fi montarea unor reactori introduşi în baia de ulei a transformatorului.

In orice caz, bobinele (reactorii) se prevăd cu dispozitive de scurtcircuitare automată în momentul terminării topirii, moment caracterizat prin reducerea tensiunii joase a cuptorului, după cum se va arăta mai departe.

In conformitate cu învăţămintele din exploatare, transformatorii de alimentare se dimensionează la sarcina corespunzătoare curentului nominal, cu următoarele posibilităţi de supraîncărcare, după o încărcare nominală de lungă

durată (în ipoteza unei pauze reduse între două şarje consecutive):

100% timp de 5 minute;
50% timp de 1/2 oră;
25% timp de 2 ore.

Intrucît durata topirii se cuprinde între 1 $^1/_2$ şi 2 ore, transformatorul funcţionează în perioada de topire la o supraîncărcare de 20—25%, urmînd ca în restul timpului şarjei să funcţioneze în sarcina redusă.

In cazul cuptoarelor cu arc care topesc materiale mai omogene, ca de exemplu ferosiliciul, funcţionarea în perioada de topire este mai liniştită. Deşi în general în astfel de cuptoare se consumă puteri mari, la capacităţi în tone de ordinul celor ale cuptoarelor pentru oţel, din cauza conductivităţii reduse electrice a materialului topit, puterea absorbită este practic constantă, producîndu-se numai uşoare vîrfuri oscilatorii (de valori mai mici decît 1/10 din valoarea constantă din restul timpului), din circa 2 în 2 ore. Aceste vîrfuri sînt datorite necesităţii de a se arde tamponul care închide drumul masei topite, pentru a se scurge aceeaşi masă, arderea realizîndu-se cu contraelectrozi speciali. Mărimea vîrfurilor menţionate depinde de numărul gurilor de scurgere, precum şi de aşezarea contraelectrozilor. Infine, în cazul cuptoarelor cu acţiune indirectă, în care arcul se produce între doi electrozi orizontali sau înclinaţi, situaţi deasupra metalului topit, funcţionarea este stabilă, neproducîndu-se scurtcircuite metalice. Totodată, puterile absorbite din reţelele electrice de către aceste cuptoare, în care se face numai topirea şi încălzirea consecutivă a metalului topit, sînt relativ mici, corespunzător temperaturilor mai joase produse în ele, la care nu se pot topi decît metalele neferoase. Din această cauză, cuptoarele electrice cu arc cu acţiune indirectă, nu vor mai fi menţionate în cele ce urmează.

3. **Oxidarea şi afinarea metalului topit, în cuptoarele cu arc.** In cazul cuptoarelor pentru topit oţel, regimul nestabil descris în cele precedente durează pînă în momentul cînd sub fiecare electrod s-a format cîte un crater plin cu metal topit, cu o adîncime egală cel puţin cu jumătate din înălţimea încărcăturii sub electrozi. Din acest moment începe topirea metalului în jurul craterelor, diametrul acestora se măreşte pînă se contopesc, obţinîndu-se sub electrozi o suprafaţă (oglindă) continuă de metal lichid. In această ultimă situaţie regimul cuptorului devine mai stabil şi electrozii trebuie ridicaţi pe măsura ridicării nivelului metalului topit în baia cuptorului. Bucăţile de metal solid aşezate pe lîngă pereţii băii se topesc cel mai tîrziu; de aceea, pentru a nu se prelungi inutil perioada de topire în cuptoare, bucăţile de metal netopite de pe lîngă pereţi se amestecă în baia topită cu ajutorul unei vergi de fier. De fapt, perioada de topire se consideră terminată, din momentul cînd tot metalul din cuptor a trecut în stare lichidă.

Eliminarea anumitor elemente din baia metalică şi încorporarea lor în sgură începe în perioada de topire şi se continuă în perioada numită de oxidare şi afinare a oţelului. In această ultimă perioadă, datorită temperaturii destul de joase a băii metalice, se produce o serie de reacţii exotermice, cuprinzînd oxidarea fierului, siliciului, manganului şi fosforului, elemente conţinute în oţelul topit. Oxizii formaţi se ridică la suprafaţa băii lichide şi împreună cu varul introdus simultan în cuptor, formează zgura. In aceasta din urmă, oxizii de siliciu se combină cu monoxizii de fier şi de mangan şi formează silicaţi de fier şi mangan, iar oxizii de fosfor formează cu monoxizii de fier, compuşi din care monoxidul de fier este apoi eliberat prin var.

Pentru activarea tuturor acestor reacţii, după terminarea topirii metalului se introduce în baia cuptorului minereu de fier suplimentar, care este redus de carbonul din metalul topit, iar oxidul de carbon format se ridică la suprafaţă sub forma unor bule, determinînd aşa-zisa „fierbere a băii de metal topit".

In concluzie, în această perioadă se produce eliminarea fosforului din oţel şi arderea excesului de carbon.

După terminarea fierberii, zgura este saturată de oxizi de fier şi compuşi de fosfor şi se scurge din cuptor, fiindcă altfel în perioada următoare, crescînd din nou temperatura, reacţiile chimice s-ar repeta în sens invers.

Infine, după eliminarea primei zguri (zgura oxidantă) din cuptor, începe *perioada de afinare* a oţelului, caracterizată prin eliminarea sulfului din oţel. Pentru aceasta se mai introduce în cuptor var calcinat, cocs măcinat şi praf de cărbune de lemn, cu ajutorul cărora se formează o nouă zgură, în care se fixează sulful.

La sfîrşitul perioadei de afinare, se introduc în baia metalică adausurile de aliaj cu oţelul, pentru a se realiza compoziţia prescrisă pentru oţel; apoi metalul lichid se desoxidează definitiv, prin adăugarea de aluminiu şi se începe golirea oţelului lichid din cuptor.

S-a arătat anterior, că în perioada de oxidare temperatura băii lichide trebuie coborîtă pentru a favoriza reacţiile care fixează anumite elemente în zgură, după cum mai departe trebuie din nou mărită temperatura, în scopul afinării băii metalice.

Rezultă de aici că, pe cînd în perioada iniţială de topire este nevoie de puterea maximă a cuptorului, pentru accelerarea procesului corespunzător, în perioada de oxidare şi afinare, trebuie să existe o posibilitate de a se varia în orice moment puterea absorbită de cuptor, în scopul dirijării variaţiei temperaturilor în baia metalică şi în zgură, fapt prin care se reglează reacţiile chimice din cuptor. Or, această condiţie se realizează uşor în cuptorul electric cu arc, dată fiind posibilitatea variaţiei puterii absorbite, prin variaţia lungimii arcului, desfăşurarea reacţiilor fiind totodată activată de atmosfera reductoare a cuptorului cu arc, datorită lipsei continue de oxigen de pe urma arderii electrozilor.

4. **Variaţia tensiunii aplicate cuptorului cu arc.** După cum s-a arătat mai înainte, reglajul automat al poziţiei electrozilor permite variaţia curentului din arc numai în anumite limite restrînse. Dacă totodată tensiunea aplicată cuptorului s-ar menţine practic constantă, nu s-ar putea realiza variaţia de putere preconizată la aliniatul precedent. Este deci necesar să existe şi o posibilitate de reducere a tensiunii aplicate cuptorului la sfîrşitul perioadei de topire şi apoi de variaţie a tensiunii între această valoare redusă şi cea maximă. Pentru a nu se complica însă construcţia transformatorilor de alimentare ai cuptoarelor electrice cu arc, prin dispozitive speciale de variaţia tensiunii lor secundare, se preferă în cele mai multe cazuri să se reducă numai o dată tensiunea la sfîrşitul perioadei de topire, funcţionîndu-se de aci înainte, pînă la golirea metalului topit din cuptor, cu o tensiune redusă aplicată acestuia.

In acest sens, tehnica sovietică prevede transformatorii de alimentare pentru cuptoare mici şi mijlocii cu *comutator stea triunghi*, cu ajutorul căruia conexiunile primare ale transformatorului se schimbă la sfîrşitul perioadei de topire de la triunghi la stea, în timpul unei scurte scoateri de sub sarcină a transformatorului.

La cuptoarele mari se simte totuşi nevoia unei variaţii a tensiunii, experienţa stabilind că în astfel de cazuri ar fi nevoie de pînă la şase, respectiv opt trepte de tensiune în înfăşurarea de înaltă tensiune a transformatorului de alimentare a cuptorului. In practică însă, numai la transformatorii cuptoarelor cu arc de 30 tone capacitate, fabricate în U.R.S.S., se prevăd asemenea prize de tensiune, numărul lor fiind limitat la patru pe fază. Totodată, aceste prize servesc mai ales la schimbarea tensiunii aplicate cuptorului, după calitatea oţelului elaborat. Ele se realizează tot cu transformatorul scos de sub sarcină, întrucît construcţia comutatorului cu funcţionare sub sarcină este costisitoare, nefiind totuşi justificată la cuptoarele cu arc, a căror întrerupere pe un timp foarte scurt nu influenţează procesul lor tehnologic. In fine, pentru evitarea avariilor se blochează totdeauna transmisia pentru comanda elctrică a comutatorului de priză, cu întrerupătorul principal al cuptorului

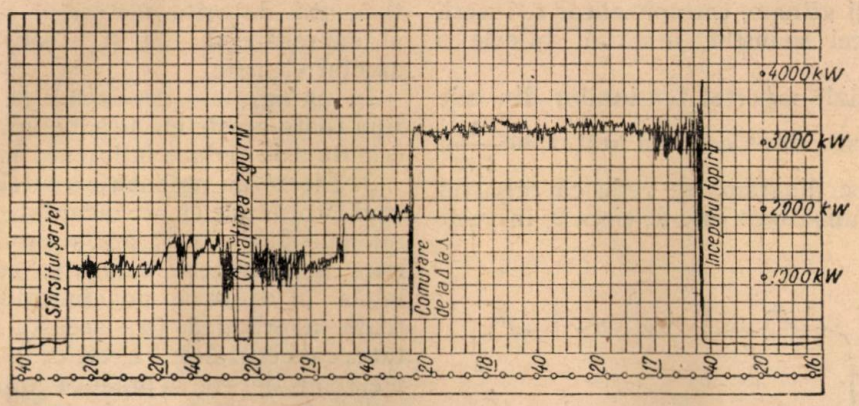


Fig. 1. Diagrama variaţiei puterii absorbite de un cuptor electric trifazat cu arc de 15t, cu reglaj automat al tensiunii

5. **Diagrama de variaţie a puterii absorbite de un cuptor electric cu arc în timpul unei şarje.** In fig. 1 este reprezentată diagrama variaţiei sarcinii (puterii absorbite) la un cuptor de 15 tone, la topirea unei *table de oţel*. De asemenea, în fig. 2 este arătată diagrama variaţiei puterii absorbite la un cuptor tot de 15 tone, dar încărcat cu material prim solid oarecare. In ambele cazuri se observă că la începutul topirii, cînd sistemul de reglaj porneşte de la zero, se produc cîteva oscilaţii mari ale puterii absorbite (între vîrful maxim şi o sarcină aproape de zero, dar imediat

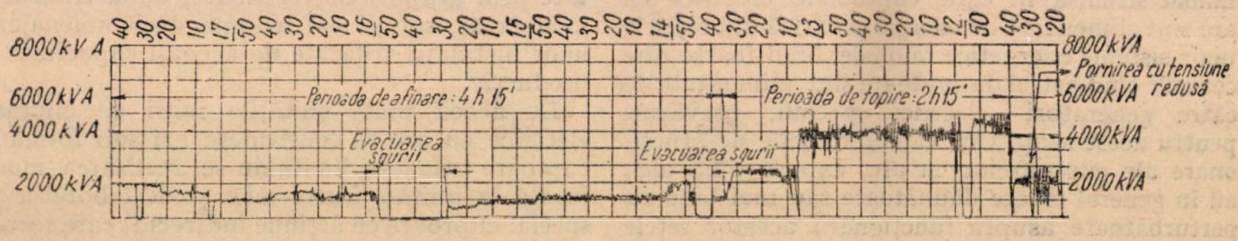


Fig. 2. Variaţia puterii absorbite la un cuptor electric trifazat cu arc, 15 t.

In acest mod. în perioada de afinare şi topire se aplică cuptorului pe fiecare fază o tensiune egală cu $\frac{1}{1,73}$ din tensiunea nominală, reducîndu-se astfel în aceeaşi proporţie puterea absorbită de cuptor la un curent practic constant.

după aceasta oscilaţiile se reduc, limitîndu-se la variaţiile de maximum 25 % arătate mai înainte. Din cauza repeziciunii cu care se succed aceste oscilaţii, ele nu se pot distinge clar pe diagramele obţinute la watmetrul înregistrator.

Ceea ce însă apare distinct în ambele diagrame, este scăderea bruscă a puterii absorbite în momentul terminării topirii şi începerii perioadei de oxidare şi afinare, corespunzător reducerii tensiunii în acel moment, descrisă în cele ce urmează.

In mod normal, raportul tensiunilor din cele două perioade este, după cum s-a arătat, de $\frac{1}{1,73}$. De fapt însă ,pe diagramă se vede că raportul puterilor corespunzătoare este de circa 2, întrucît

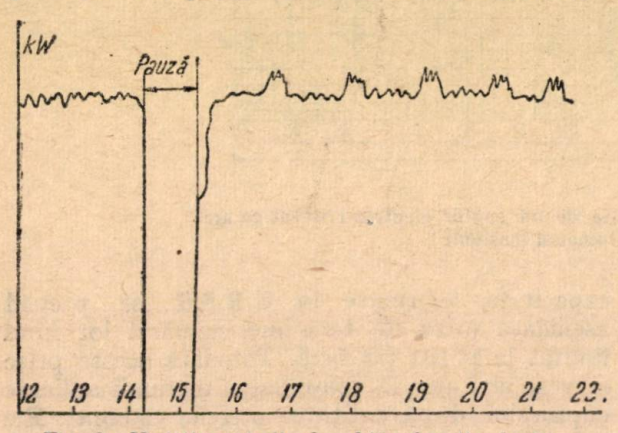


Fig. 3. Variaţia puterii absorbite funcţie de timp, (ore) la un cuptor cu arc pentru topit ferosiliciul.

în perioada topirii, curentul mediu este mai mare decît în a doua.

In fig. 3 este reprezentat aspectul curbei de variaţie cu timpul a puterii absorbite de un cuptor pentru topirea ferosiliciului, observîndu-se în aceasta vîrfurile foarte mici care se produc deasupra unei puteri absorbite practic constantă.

II. Efectele dăunătoare ale funcţionării cuptoarelor electrice cu arc, asupra reţelelor electrice de alimentare şi limitarea lor

1. **Generalităţi.** In cele ce urmează se va trata numai situaţia în care cuptoarele electrice cu arc sînt alimentate cu energie electrică din reţelele unor sisteme energetice raionale, fiind foarte rare cazurile cînd astfel de cuptoare sînt alimentate de către generatori electrici speciali, prevăzuţi pentru acest scop. Ori, caracteristicile de funcţionare ale cuptoarelor cu arc, expuse pînă aici, au în general efecte dăunătoare sau mai bine zis perturbatoare asupra funcţionării acestor reţele şi anume cu atît mai accentuate, cu cît cuptoarele sînt de capacităţi mai mari. Aceste efecte se pot clasifica după cum urmează, în raport cu particularităţile care le dau naştere :

— Efecte de nesimetrie a sarcinilor, în cazul special al utilizării cuptoarelor monofazate şi datorite asimetrii cuptoarelor trifazate.

— Efecte supărătoare în funcţionarea altor receptori de energie electrică racordaţi la aceleaşi reţele elestrice, datorite oscilaţiilor sarcinilor absorbite de cuptoare.

— Efecte de slăbirea sau chiar de pierderea stabilităţii statice a sistemelor energetice de alimentare, datorite reacţiei reglajului automat al electrozilor.

— Necesitatea de supradimensionare a instalaţiilor, din cauza absorbţiei sporite de energie reactivă, atît datorită factorului de putere scăzut al suprasarcinii, cît şi efectului deformant al arcului electric.

In paragrafele următoare se vor examina pe rînd toate aceste efecte şi de vor examina mijloacele de a le reduce influienţa la minimum.

2. **Efecte de nesimetrie a sarcinilor.** In cazurile cînd cuptoarele cu arc racordate la reţele electrice raionale sînt monofazate, se produc sarcini asimetrice în sistemele trifazate, constituind aceste reţele în aproape unanimitatea cazurilor existente în practică. Or, aceasta înseamnă necesitatea ca centralele electrice alimentînd sistemele considerate, să producă curenţi importanţi de secvenţă inversă, cu încălzire suplimentară a generatoarelor electrice respective, putîndu-se ajunge la avarierea acestora.

Metoda aplicată în trecut, de a se prevedea în instalaţii cuptoarele monofazate în grupe de cîte patru, din care trei să fie racordate între cîte două faze, iar un al patrulea să fie în rezervă, gata încărcat pentru înlocuirea unui cuptor avariat, nu a dat rezultate mulţumitoare. Intradevăr, cele trei cuptoare monofazate în funcţiune, de puteri egale şi repartizate uniform pe cele trei faze ale sistemului de alimentare, chiar dacă se pun sub tensiune în acelaşi moment, nu pot avea procese perfect identice de funcţionare. Este de ajuns o mică decalare în timp, în ceea ce priveşte începutul perioadei de oxidare şi afinare între două cuptoare monofazate racordate între faze de circuit diferite, ca să se producă asimetrii cu efecte supărătoare în sistemul electric de alimentare, în cazul unităţilor mari de cuptoare. In plus, cuptorul de rezervă reprezintă o instalaţie utilizată foarte neeconomic şi în general, grupul de patru cuptoare monofazate reprezintă, ca şi soluţia alimentării cuptoarelor monofazate alimentate prin grupuri convertizoare, de la trifazat la monofazat, soluţii mai scumpe decît amenajarea unor instalaţii trifazate de aceeaşi capacitate de producţie.

De aceea, toate unităţile mari de cuptoare electrice cu arc se construiesc azi sub formă de cuptoare trifazate, limitîndu-se realizarea monofazată la unităţi foarte mici şi de laborator (în special cuptoare cu acţiune indirectă) care rezultă astfel mai ieftine şi ale căror puteri absorbite nu influenţează în mod sensibil reţeaua de alimentare. Unităţi mari monofazate nu se mai întîlnesc azi decît în cazul cuptoarelor cu efect de rezistenţă directă, utilizate în producţia carborundului, la grafitări sau în aplicaţii de electroliză, soluţia fiind în acest caz fie alimentarea dintr-un sistem energetic foarte puternic, fie utilizarea unor transformatori speciali de simetrizare. Problema

nu se mai pune însă în cazul cuptoarelor cu arc, formînd obiectul acestui articol.

Cuptoarele cu arc trifazate prezintă însă asimetrii proprii, datorită poziției în general asimetrice a conductorilor de aducerea curentului la electrozi și asimetriilor care apar în însăși așezarea coloanelor de ghidaj, a cărucioarelor mobile portelectrozi și în așezarea și forma electrozilor înșiși, dacă se ține seamă de efectul pelicular și de apropiere.

In general, aceste nesimetrii nu sînt atît de accentuate încît să dea efecte supărătoare în rețelele de alimentare. Dacă totuși în proiectare calculele însăși indică asimetrii sensibile, se folosesc metode de simetrizare, care constau în cele ce urmează, aplicîndu-se una sau mai multe din ele, după caz :

— așezare și profile adecvate ale conductoarelor de aducere (bare de cupru sau aluminiu) ;

— profile speciale pentru secțiunile electrozilor ;

— reglaje automate diferite ale celor trei electrozi, în scopul egalizării curenților pe cele trei faze ;

— dispozitive electromagnetice compensatoare pe cele trei faze, în același scop : aceste slăbesc cîmpul electromagnetic în jurul fazei cu cea mai mare cădere de tensiune și-l întăresc în jurul fazei cu căderea cea mai redusă.

3. **Efecte supărătoare în funcționarea altor receptori, racordați la aceeași rețea cu cuptoarele electrice cu arc.** Se știe că acestea se datoresc în primul rînd căderilor de tensiune care produc perturbări în funcționarea atît a lămpilor cît și a motoarelor electrice. In cele ce urmează se vor analiza condițiile pe care trebuie să le satisfacă în funcționare cuptoarele electrice cu arc, pentru ca perturbările citate să nu se producă.

Ecuația de tensiune (1) pentru o fază, se scrie :

$$\dot{U} = R\dot{I} + jL\omega\,\dot{I},$$

dar se mai poate scrie, împărțind peste tot cu $jL\omega$ și izolînd termenul în $\dot{I}$:

$$\dot{I} = -j\frac{\dot{U}}{L\omega} + j\frac{R}{L\omega}\dot{I} \qquad (5)$$

dacă se ține seama că împărțirea cu j echivalează cu înmulțirea cu minus j.

Totodată, vectorul $-j\frac{\dot{U}}{L\omega}$ este decalat cu $\frac{\pi}{2}$ în urma vectorului $\dot{U}$, iar $+j\frac{R}{L\omega}\dot{I}$ decalat cu $\frac{\pi}{2}$ înaintea lui $\dot{I}$.

Pe de altă parte, vectorul $\frac{\dot{U}}{L\omega}$ este practic constant, fiindcă tensiunea aplicată cuptorului este practic constantă, ca și inductanța cuptorului și pulsația curentului alternativ.

Or, acest vector fiind totodată rezultanta celorlalți doi, care sînt ortogonali între ei, se poate construi pe vectorul $\frac{\dot{U}}{L\omega}$ ca diametru, un semicerc care va fi locul geometric al intersecției B a celorlalți vectori $\dot{I}$ și $\frac{R}{L\omega}\dot{I}$ (fig. 4).

Cu aceasta se obține diagrama cercului, pe care se poate studia grafic variația diferitelor mărimi electrice ce intervin într-un cuptor electric. Astfel, în fig. 4 vectorul $\overline{AB}$ reprezintă curentul $\dot{I}$, vectorul $\overline{BD}$ mărimea $\frac{R}{L\omega}\dot{I}$, iar vectorul $\overline{AD}$ mărimea $\frac{\dot{U}}{L\omega}$, $\overline{AB}$ și $\overline{BD}$ fiind totodată vectori ortogonali.

Curentul $\dot{I}$ din cerc poate varia de la valoarea zero (punctul B confundat cu origina A), situație corespunzînd arcului întrerupt, — pînă la valoarea teoretică de scurtcircuit, cînd B se confundă cu D, — situație corespunzînd unei atingeri a electrozilor cu metalul din baia cuptorului.

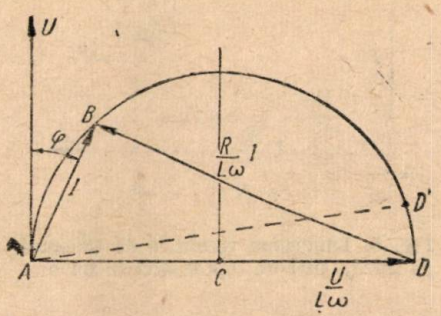


Fig. 4. Diagrama cercului la un cuptor cu arc.

Se vede ușor, că pe măsură ce vectorul $\overline{AB}$ crește continuu, punctul B aflîndu-se tot timpul pe cercul de diametru AD, vectorul $\frac{R}{L\omega}\dot{I}$ scade datorită scăderii rezistenței utile R. Ori, rezistența utilă variază de la infinit (arcul electric întrerupt) și pînă la zero (scurtcircuit metalic) și corespunzător curentul în arc variază de la zero la valoarea de scurtcircuit egală cu $\frac{\dot{U}}{L\omega}$, în ipoteza că rezistența conductelor de legătură din cuptor r ar fi neglijabilă.

S-a arătat mai înainte că vectorul $\frac{\dot{U}}{L\omega}$ este decalat cu $\frac{\pi}{2}$ în urma vectorului tensiunii aplicate cuptorului. În consecință, ridicînd o perpendiculară în A, în sensul arătat în fig. 4, se obține faza tensiunii $\dot{U}$, respectiv direcția vectorului corespunzător. Rezultă că unghiul $\widehat{UAB}$, dintre vectorii tensiune și curent, este chiar decalajul curentului în cuptor, φ. Se vede imediat că atunci cînd curentul variază între zero și valoarea de scurtcircuit teoretic, unghiul φ variază de la zero la $\frac{\pi}{2}$.

În realitate, rezistența r nu este neglijabilă și curentul real de curtcircuit este de fapt mai mic, corespunzînd valorii.

$$I'_{sc} = \frac{U}{\sqrt{r^2 + L^2\omega^2}} = \frac{U}{Z} = UG_t$$

iar în diagrama cercului, vectorului AD'. Totodată, valoarea maximă posibilă a unghiului φ rămîne sub $\frac{\pi}{2}$.

Pe de altă parte, nimic nu ne împiedică să presupunem că U este tensiunea pe fază a barelor colectoare de înaltă tensiune din care se alimentează cuptorul considerat, iar r rezistenţa legăturilor şi înfăşurărilor transformatorului de alimentare plus ale cuptorului, respectiv

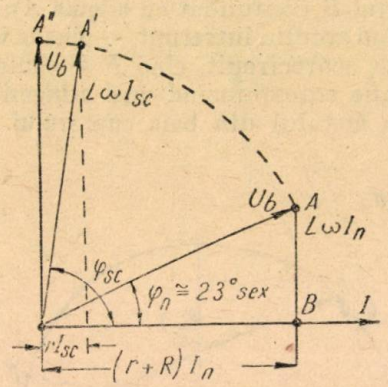


Fig. 5. Diagrama vectorială de tensiuni pe fază, într-un cuptor electric cu arc.

L şi Z inductanţa şi impedanţa echivalentă a ansamblului transformator — cuptor.

Totodată, s-a arătat la capitolul 2 al prezentului articol, că această impedanţă se ia în practică de 30—43%, sau respectiv la o valoare maximă rotunjită, de 40%.

Aceasta înseamnă că, înmulţind impedanţa echivalentă cu curentul nominal al cuptorului se obţine 40% din tensiunea nominală a barelor de alimentare:

$$Z\,I_n = 0{,}4\;U_b.$$

Dacă se trece acum din nou la ipoteza simplificatoare

$$Z \cong L\omega,$$

pentru r neglijabil, diagrama vectorială a tensiunii pe fază, la curentul nominal I_n în cuptor corespunde triunghiului OAB din fig. 5, în care $\overline{AB} = 0{,}4\;\overline{OA}$, iar decalajul φ corespunde la circa 23° sexagesimale (mai mic decît $\pi/4$) respectiv cos $\varphi \cong 0{,}92$.

Pornind de la această diagramă, dacă creşte curentul în cuptor, creşte totodată şi decalajul φ. Punctul A se va roti în ipoteza admisă $U_b =$ constant pe cercul cu centrul în O, fiindcă vectorul $(r + R)\;I_n$ îşi scade rapid valoarea, R tinzînd către zero mai repede decît creşte I, lucru care rezultă din diagrama cercului.

Dacă s-a luat de la început rezistenţa r neglijabilă, vectorul OB se reduce la $R \cdot I_n$, iar cînd curentul atinge valoarea de scurtcircuit I_{sc}, punctul A ajunge în A'' şi decalajul între U_b şi I ajunge la valoarea $\frac{\pi}{2}$. În această situaţie, condiţia echilibrului de tensiuni la scurtcircuit devine:

$$U_b = L\omega \cdot I_{sc} = L\omega \cdot I_n \cdot \frac{I_{sc}}{I_n} \qquad (8)$$

Dar am văzut că

$$L\omega \cdot I_n \cong Z \cdot I_n = 0{,}4\;\;U_b,$$

în funcţionare normală.

Rezultă astfel mai departe:

$$U_b = 0{,}4\;U_b \cdot \frac{I_{sc}}{I_n} \qquad (8')$$

sau înfine

$$\frac{I_{sc}}{I_n} = \frac{1}{0{,}4} = 2{,}5 \cdot \qquad (9)$$

În realitate, punctul A se opreşte în A', decalajul maxim φ_{sc} fiind mai mic decît $\frac{\pi}{2}$. Aceasta înseamnă că la condiţia pusă pentru impedanţa ansamblului transformator, curentul de scurtcircuit se reduce sub 2,5 I_n, iar dată fiind acţiunea reglajului automat, care evită producerea efectivă a contactelor metalice, valoarea şocului de curent în perioada de topire se reduce la 2—2,5 I_n.

În cele de pînă acum s-a admis tensiunea U_b constantă. În practică însă, cuptoarele sînt racordate la reţele relativ vaste, aşa că barele de alimentare se pot afla la capătul unei linii de transport lungi, producîndu-se în acest punct o anumită cădere de tensiune faţă de mersul în gol, la funcţionarea normală a sistemului. Or, şocurile de curent, reprezentînd 2—2,5 ori curentul nominal absorbit de cuptor ar putea să dea căderi de tensiune inadmisibile pentru consumatorii alimentaţi de pe aceleaşi bare, dacă nu se iau anumite precauţiuni la racordarea cuptoarelor cu arc. De fapt, oscilaţiile de curent într-un cuptor cu arc în perioada topirii pot avea o frecvenţă minimă de 4—7 vîrfuri pe secundă, frecvenţă care modulează unda normală a curentului industrial de 50 perioade pe secundă. Or, experienţa a arătat că această modulaţie produce variaţii supărătoare de intensitate luminoasă, atît timp cît oscilaţiile corespunzătoare de curent determină o variaţie de tensiune în staţia care alimentează totodată şi receptorii de iluminat, mai mare decît 0,6%.

Fie U tensiunea la sursa de producere a energiei electrice, legată în general printr-o linie de transport de energie la staţia de alimentare comună a cuptoarelor cu arc şi a receptorilor de lumină perturbaţi. Or, căderea de tensiune admisibilă pe o asemenea linie se limitează în general la 10% putîndu-se deci scrie pentru tensiunea barelor din staţia de alimentare:

$$U_b = 0{,}9 \cdot U. \qquad (10)$$

Pe de altă parte, în cazul producerii unui şoc de curent, tensiunea barelor nu trebuie să scadă sub 0,994 U_b, respectiv sub $0{,}994 \times 0{,}9 = 0{,}8946 \approx$ $\cong 0{,}896$ din valoarea tensiunii sursei, U. Această

tensiune este echilibrată în caz de scurtcircuit pe barele staţiei considerate, de către vectorul căderii de tensiune pînă la staţie, conform relaţiei

$$U = Z' \cdot I''_{sc}. \qquad (11)$$

în care

Z' este impedanţa liniei de transport, inclusiv transformatorii aferenţi;

I''_{sc} — curentul de scurtcircuit în cazul producerii unui scurtcircuit pe barele de alimentare ale cuptoarelor.

Totodată, în cazul unui scurtcircuit, într-un cuptor electric tensiunea pe bare din acest caz, $U'_b = 0{,}896\ U$, este echilibrată de căderea de tensiune pe fază în cuptor:

$$U' = Z \cdot I'_{sc} \cdot \qquad (12)$$

Sau mai departe, înlocuind pe U'_b în funcţie de valoarea lui U din ecuaţia (11)

$$0{,}896\ Z'\ I''_{sc} = Z \cdot I'_{sc} \qquad (13)$$

Apoi, ştiind că $I'_{sc} = 2 - 2{,}5\ I_n$, rezultă:

$$0{,}896\ Z'\ I''_{sc} = (2{-}2{,}5)\ I_n \cdot Z \qquad (14)$$

sau încă:

$$\frac{I''_{sc}}{I_n} = \frac{(2 - 2{,}5)}{0{,}896}\ \frac{Z}{Z'}. \qquad (14)$$

S-a arătat mai sus că valoarea lui Z se defineşte prin relaţia:

$$Z \cdot I_n = 0{,}4\ U_b \cdot \qquad (15)$$

In ceea ce priveşte expresia lui Z', ea se defineşte prin condiţia ca, în regim normal de funcţionare căderea de tensiune de la sursa de producere a energiei electrice şi pînă la barele de alimentare ale cuptoarelor electrice să fie de maximum 10%.

In această situaţie, se disting două cazuri:

a) *Cazul-limită*, în care din staţia considerată nu se alimentează decît un cuptor cu arc, în care caz există relaţia:

$$I_{n\ linie} = I_{n\ cuptor} = I_n \qquad (16)$$

impedanţa de la sursă la barele staţiei putînd în cazul acesta fi definită prin relaţia:

$$Z'\ I_n = 0{,}10\ U \qquad (17)$$

în timp ce impedanţa cuptorului se defineşte prin:

$$Z\ I_n = 0{,}4\ U_b = 0{,}9 \cdot 0{,}4 \cdot U = 0{,}36\ U. \qquad (15')$$

Rezultă înfine de aici raportul între curentul de scurtcircuit pe bare şi cel normal al cuptorului, în cazul unui singur cuptor alimentat:

$$\frac{I''_{sc}}{I_n} = \frac{(2 - 2{,}5)}{0{,}896}\ \frac{0{,}36}{0{,}10}\ \frac{U}{U} = \frac{(2 - 2{,}5)}{0{,}896} \cdot 3{,}6 = 8{-}10. \qquad (18)$$

b) *Cazul normal*, cînd linia alimentează, prin staţia studiată diferiţi consumatori, între care şi cuptoare electrice cu arc. In acest caz, bineînţeles că linia va conduce un curent reprezentînd un multiplu al celui normal al cuptorului I_n.

Pentru acoperire, se admite curentul în linie ca egal cu de cinci ori curentul normal în cuptor, rezultînd căderea de tensiune în linie:

$$Z' \cdot (5\ I_n) = 0{,}10\ U \cdot \qquad (19)$$

Utilizînd şi ecuaţia (15'), se obţine împărţind (15') cu (19):

$$\frac{Z \cdot I_n}{Z'(5I_n)} = \frac{0{,}36\ U}{0{,}10\ U} \qquad (20)$$

sau încă:

$$\frac{Z}{Z'} = \frac{5 \cdot 3{,}6}{1} = 18 \qquad (20')$$

iar raportul între curenţi devine:

$$\frac{I''_{sc}}{I_n} = \frac{(2 - 2{,}5)}{0{,}896} \cdot 18 = 40{-}50. \qquad (21)$$

In practică se contează în special pe soluţia *b*), care este mai acoperitoare. In concluzie, atît timp cît nu se produc perturbări în efectul luminos al lămpilor electrice alimentate de pe aceleaşi bare colectoare ca şi cuptoarele, vor funcţiona cu atît mai mult în bune condiţii şi motoarele electrice de pe aceleaşi bare de alimentare.

Deci, pentru ca şocurile de curent din perioada de topire a cuptoarelor cu arc să nu provoace perturbări datorite căderilor de tensiune, trebuie îndeplinite următoarele condiţii acoperitoare:

α) Raportul între curentul de scurtcircuit al unui cuptor cu arc şi curentul lui nominal (normal) să fie de ordinul 2.

β) Raportul între curentul de scurtcircuit al punctului de alimentare şi cel nominal al cuptorului să fie de ordinul 40—50. Această condiţie capătă de fapt o interpretare mai practică, dacă se înmulţeşte atît curentul de scurtcircuit cît şi cel nominal, cu $\sqrt{3}\ U_b$, obţinîndu-se pe de o parte *puterea de scurtcircuit în punctul de alimentare* şi de alta *puterea nominală a transformatorului cuptorului.*

Rezultă de aci regula practică a montării cuptoarelor cu arc în sensul că *puterea electrică aparentă nominală a acestora* (puterea unitară măsurată la transformator), *trebuie să fie cel mult a* 40—50-*a parte din puterea de scurtcircuit a punctului de montaj.*

După cum s-a văzut mai înainte, în aceste condiţii se pot monta pînă la 5 unităţi de cuptoare cu arc de putere unitară calculată, în paralel în acelaşi punct, sau încă un număr mai mic de cuptoare plus altfel de receptori, dar care să însumeze o putere aparentă de $\sqrt{3} \cdot U_b\ (5I_n) = 8{,}66\ U_b\ I_n$.

Cu cît cuptoarele se racordează la reţele de tensiuni mai înalte, cu atît condiţia de sub *b*)

este mai uşor de îndeplinit. Intr-adevăr, se ştie că, cu cît o reţea electrică este de tensiune mai înaltă, cu atît puterea de scurtcircuit într-un punct oarecare al ei creşte şi devine mai uşor de îndeplinit condiţia racordării unui cuptor cu o putere reprezentînd a 40—50-a parte din puterea de scurtcircuit a punctului de racordare.

De aceea, prescripţiile sovietice pentru alimentarea cu energie electrică a marilor consumatori industriali, adaptate şi la noi, prevăd racordarea cuptoarelor electrice de preferinţă la

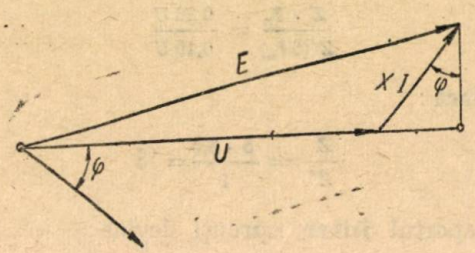


Fig. 6. Diagrama tensiunilor într-un punct al unui sistem electric.

reţele de distribuţie de înaltă tensiune de 35 kV şi nu la cele cu tensiuni nominale de 6 şi 10 kV.

In reţelele de 35 kV, puterea de scurtcircuit se menţine de regulă sub valoarea de 400 MVA, în care condiţii se pot racorda cuptoare absorbind puteri aparente de

$$\frac{400}{40—50} = 10—12{,}5 \text{ MVA}$$

corespunzînd puterilor unitare cele mai mari pentru care se construesc transformatori şi cuptoare electrice cu arc pentru elaborat oţeluri.

Este însă de observat că, din cauza dificultăţilor tehnice de fabricaţie, nu se construesc transformatori de alimentare care să reducă tensiunea direct de la 35 kV la tensiunea de utilizare a cuptoarelor cu arc (250—330 V). De aceia se recurge la o transformare intermediară, de la 35 la 10 kV sau de la 35 la 6 kV, avînd însă grije de a se racorda transformatorii de alimentare ai cuptoarelor cu arc pe bare separate de cele alimentînd alţi consumatori din aceeaşi staţie de transformare.

La noi în ţară cuptoarele electrice cu arc se racordează la linii detransport de 110 kV, prin transformatoare 110/6 kV, legate la bare separate de 6 kV).

4. **Efecte de slăbirea sau pierderea stabilităţii statice a sistemelor energetice.** Se ştie că stabilitatea statică a unui sistem energetic depinde de echilibrul puterilor reactive produse cu cele cerute de receptori, în fiecare punct al sistemului.

Pe de altă parte se ştie că într-un punct oarecare din sistem puterea reactivă debitată de generatori, e funcţie de tensiunea în acel punct, la putere activă debitată constantă.

Din diagrama tensiunilor din fig. 6, în care s-a neglijat rezistenţa R în raport cu reactanţa X, rezultă pe o fază :

$$E^2 = (U + XI \sin \varphi)^2 + X^2 I^2 \cos^2 \varphi \quad (22)$$

sau încă, deschizînd paranteza şi considerînd că

$$X^2 I^2 (\sin^2 \varphi + \cos^2 \varphi) = X^2 I^2,$$

rezultă :

$$E^2 = U^2 + X^2 I^2 + 2U \times I \sin \varphi \quad (22')$$

Sau înfine, trecînd la tensiunea între faze :

$$E'^2 = U'^2 + 3 X^2 I^2 + 2 \sqrt{3}\ U' I' \cdot \sin \varphi \quad (22'')$$

în care :

E, respectiv E' reprezintă forţa electromotoare pe fază respectiv între faze, la generatoare (confundată aici, pentru simplificare, cu tensiunea la borne) ;

U, respectiv U', tensiunea pe fază, respectiv între faze, în punctul considerat.

Introducînd în această relaţie expresia puterii reactive Q :

$$Q = \sqrt{3}\ U]I \sin \varphi \quad (23)$$

precum şi a puterii active P, considerată constantă, din relaţia :

$$\sqrt{3}\ U'I = \sqrt{P^2 + Q^2}, \quad (24)$$

ecuaţia tensiunilor devine :

$$E'^2 = U'^2 + X^2 . \frac{(P^2 + Q^2)}{U'^2} + 2XQ \quad (25)$$

sau încă

$$E'^2\ U'^2 = U'^4 + X^2 P^2 + X^2 Q^2 + 2XQU'^2. \quad (25')$$

Rezolvînd această relaţie în raport cu U' şi reprezentînd curba corespunzătoare $Q = f(U')$, se obţine aspectul curbei din fig. 7, în care s-a

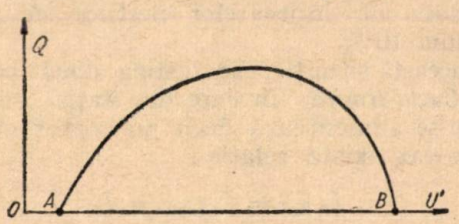


Fig. 7. Curba variaţiei puterii reactive în funcţie de tensiune într-un punct al unui sistem electric.

reprezentat numai porţiunea ei pozitivă, — cu observaţia că punctul B iese cu mult înafara valorilor de ordinul tensiunii de serviciu, şi că aceasta din urmă corespunde de regulă zonei de putere reactivă maximă.

In ceea ce priveşte cererile de putere reactivă ale receptorilor, ele trebuie tratate separat pentru cuptoarele cu arc şi separat pentru motoarele electrice.

Intr-un cuptor electric cu arc, puterea reactivă absorbită variază cu curentul, după relaţia cunoscută :

$$Q = L\omega I^2 \quad (26)$$

în care L şi ω se consideră constante.

In consecinţă, Q va varia cu curentul, absorbit de cuptor, după o parabolă (fig. 8) şi anume

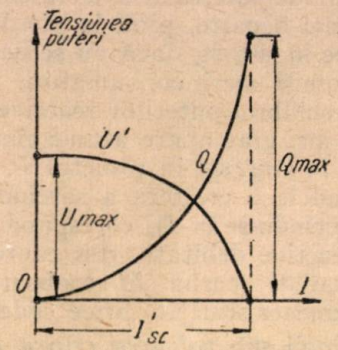


Fig. 8. Variaţia tensiunii arcului şi puterii reactive absorbite, funcţie de curent, într-un cuptor electric cu arc.

numai pînă la $I = I'_{sc}$, — situaţia limită posibilă în cuptor.

Totodată, tensiunea aplicată arcului (în cazul de faţă, între faze) variază dele U'_{max} la zero, cînd curentul variază de la zero la I'_{sc}. Transpunînd curba puterii reactive în funcţie de U', se obţine o curbă descrescătoare, mai aproape de o dreaptă (fig. 9).

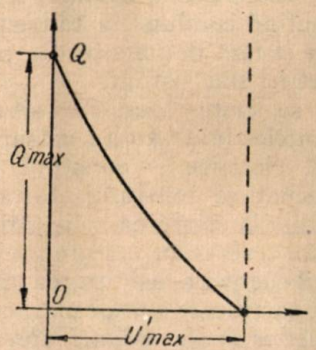


Fig. 9. Variaţia puterii reactive absorbite, funcţie de tensiune, într un cuptor cu arc

In ceea ce priveşte *motoarele electrice*, care reprezintă maximum de consumaţie de putere reactivă dintr-o reţea electrică, se ştie că într-un motor electric asincron, cuplul este proporţional

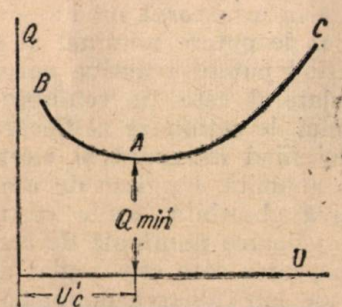


Fig. 10. Variaţia puterii reactive absorbite, funcţie de tensiune la un motor asincron.

cu pătratul tensiunii, ceea ce este adevărat şi pentru puterea reactivă, reprezentată astfel în funcţie de U printr-o curbă pătratică (porţiunea AC, fig. 10).

Există totuşi un punct de consumaţie minimă de putere reactivă (punctul A de pe curba fig. 10), corespunzînd tensiunii U'_c la cuplul activ maxim, egal cu cuplul rezistent.

Dacă tensiunea scade sub această valoare, la o putere activă constantă cerută unui motor (puterea maşinii sau dispozitivului antrenat de motor), creşte aportul de curent cerut de motor sistemului, pentru a se putea echilibra cuplul rezistent. Ori, cu aceasta creşte şi absorbiţia de putere reactivă, după ramura de curbă BA, ramură care reprezintă o *zonă de nestabilitate*, putînd conduce la pierderea stabilităţii statice a sistemului. Intr-adevăr, la o tensiune redusă din reţea trebuie să corespundă o forţă contra-electromotoare redusă în motor, ceea ce corespunde unei măriri a alunecării motorului. Aceasta produce o nouă creştere a curentului şi o nouă scădere a tensiunii şi apoi iar o creştere a alunecării, pînă cînd motorul electric se opreşte, în punctul B. Intre timp, tensiunea în sistemul energetic a scăzut, putînd provoca ieşirea din paralel a generatorilor interconectaţi şi avarii grave (întreruperi) la consumatori. Situaţia se remediază fie prin excitarea forţată a generatorilor în funcţiune şi introducerea unor noi generatori în paralel în sistem, fie prin deconectarea automată a motoarelor electrice sau prin deconectarea voită a marilor consumatori.

Presupunînd acum o instalaţie de cuptoare electrice cu arc funcţionînd într-o reţea în care nu mai există decît consumatori de energie electrică pentru iluminat, funcţionarea acesteia va avea loc la o tensiune corespunzînd intersecţiei curbelor de producere a puterii reactive în sistem (curba I din fig. 11) şi a celei de cerere de putere reactivă a cuptoarelor (fig. 11, curba II). Dacă în această situaţie, reprezentată în punctul M din fig. 11, creşte tensiunea, creşte proporţional diametrul diagramei cercului şi totodată vectorii I şi $\frac{R}{L\omega} I$. Curentul creşte şi odată cu el căderea de tensiune reducînd tensiunea la cea corespunzătoare punctului de funcţionare M. La fel, dacă tensiunea scade, prin deformarea diagramei vectoriale scade curentul,

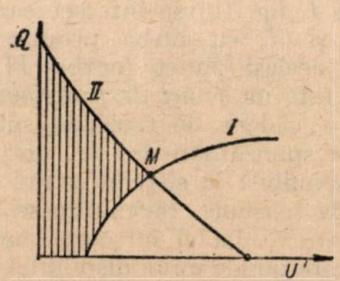


Fig. 11. Curbele puterii reactive produse şi cerute, în cazul unor cuptoare cu arc.

scade căderea de tensiune şi tensiunea revine la cea corespunzătoare punctului M.

O astfel de funcţionare a ansamblului este *stabilă*. In realitate însă se poate produce o funcţionare *nestabilă*, din cauza reglajului automat al cuptoarelor cu arc.

Intr-adevăr, datorită simplicităţii şi ieftinităţii reglajului pe baza *curentului din arc*, acest sistem de reglaj este foarte întrebuinţat. Intr-un

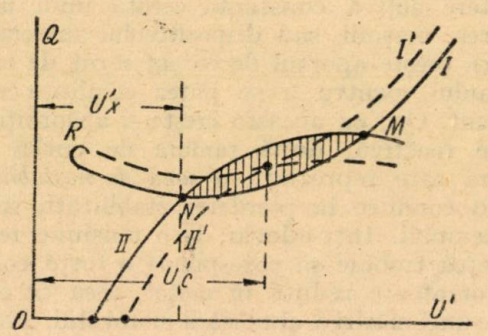


Fig. 12. Curbele puterii reactive produse şi cerute, în cazul unor motoare electrice asincrone.

astfel de caz, reglajul automat este stabilit pentru o anumită valoare a curentului în arc, la care electrozii sînt în echilibru, menţinînd o anumită lungime a arcului. Dacă în reţea se produce o cădere de tensiune, scade şi curentul în arc, iar reglajul automat intră în funcţiune, reducînd lungimea arcului şi făcînd să crească curentul în arc. Dar prin aceasta se produce o nouă cădere de tensiune, care prin reglajul automat face încă să crească curentul. Dacă sistemul de reglaj a ajuns la limita lui de acţionare, curentul nu mai poate creşte; în schimb din cauza căderii tensiunii sub valoarea corespunzătoare punctului M, creşte cererea de putere reactivă, pe care generatorii nu o mai pot satisface. Rezultatul va fi o nouă scădere de tensiune urmată de o nouă creştere a necesităţii de putere reactivă. Se intră astfel într-o situaţie de *nestabilitate*, care ar putea continua teoretic pînă la tensiunea zero, dacă între timp nu s-ar deconecta automat diferitele surse de energie, prin ieşire din paralel, precum şi receptorii, prin releele de curent maxim ale întrerupătorilor automaţi ai acestora.

In cazul cînd în reţeaua considerată există drept consumatori de energie reactivă numai motoare electrice asincrone, curba cererii de putere reactivă a acestora într-un punct al sistemului energetic (curba I, fig. 12) se intersectează în două puncte, M şi N, cu curba producerii puterii reactive în acelaşi punct (curba II, fig. 12). Punctul M este un *punct de funcţionare stabilă*, întrucît la o cădere de tensiune sub valoarea tensiunii corespunzătoare lui M, creşte puterea reactivă disponibilă în sistem, avînd ca urmare o creştere de tensiune, revenindu-se la punctul de funcţionare M. La fel, întreaga zonă haşurată în figură corespunde unui disponibil de putere reactivă produsă şi deci unei funcţionări stabile.

Dacă însă funcţionarea ar avea loc în punctul N, orice cădere de tensiune sub valoarea U'_c provocată de un reglaj nepotrivit la generatori sau unei căderi accidentale în sistem, conduce la un *deficit de putere reactivă* în punctul respectiv din sistem, urmat de o nouă cădere de tensiune, aportul cerut de puterea activă crescînd din nou şi tot aşa mai departe, pînă la pierderea stabilităţii statice în sistem, dacă nu se deconectează imediat anumiţi mari consumatori, pentru revenirea la echilibrul puterilor reactive.

Cazul cel mai grav apare atunci cînd *cele două curbe ajung la tangenţă* în punctul P, ceea ce se întîmplă cînd la o creştere a sarcinii din forţă (curba I ridicîndu-se în I), corespunde o scădere a puterii reactive debitate, din cauza unor generatori avariaţi (curba II scoboară în II').

Intr-o asemenea situaţie, orice cădere accidentală a tensiunii sub *valoarea critică* U'_c (corespunzînd punctului de tangenţă P) conduce la pierderea stabilităţii, dacă nu se remediază imediat situaţia, prin introducerea în paralel a unor generatori de rezervă, sau dacă aceştia lipsesc, prin deconectarea (sacrificarea) unor mari consumatori de forţă, pînă la restabilirea echilibrului în sistem.

In situaţia normală existentă în reţelele unui sistem energetic, în care sînt racordate atît cuptoare electrice cu arc, cît şi motoare electrice asincrone, este uşor de văzut că efectul celor dintîi, în ceea ce priveşte curba cererii de putere reactivă într-un punct din sistem, constă într-o *ridicare accentuată a ramurii AB din curba* I (fig. 12), putînd conduce la tangenţa curbelor I şi II, chiar şi fără deficienţe din partea generatorilor electrici din sistem.

Pentru a se evita asemenea situaţii grave, trebuie bineînţeles luate toate măsurile necesare în centralele electrice, — constînd în reglajul automat adecuat al tensiunii, forţarea excitaţiei generatorilor la creşterea solicitării de curent, asigurarea unor rezerve cu intrare rapidă în paralel în sistemul energetic, asigurarea unei posibilităţi rapide de sacrificare a unor mari consumatori, — *dar este nevoie şi de măsuri speciale în ceea ce priveşte reglajul cuptoarelor cu arc.*

O astfel de măsură constă în primul rînd în *combinarea reglajului automat al curentului în arc cu menţinerea constantă a puterii reactive absorbite.*

Anume, circuitul principal (de curent) al regulatorului automat pentru poziţia electrozilor cuptoarelor cu arc, este întrerupt de *un cosfimetru cu contacte de maximum şi de minimum*, care lucrează în următorul mod:

La factorul de putere nominal al cuptorului, — corespunzînd puterii reactive normale absorbite, — regulatorul este în echilibru, circuitul servomotorului de acţionare al fiecărui electrod al cuptorului fiind întrerupt şi electrozii echilibraţi la o anumită lungime de arc. Cînd puterea reactivă absorbită scade cu un anumit procent sub valoarea nominală de reglaj, — respectiv cos φ pentru care este reglat aparatul cu contacte scade sub valoarea nominală corespunzătoare, — se închide contactul de minimum şi servomotorul este pus în mişcare în sensul în care produce micşorarea lungimii de arc. Curentul în arc creşte şi odată cu el puterea reactivă absorbită, revenindu-se la valoarea normală a

acesteia. Invers, cînd puterea reactivă creşte peste o anumită valoare, se face contactul de maximum al cosfimetrului şi servomotorul se învîrteşte în sensul care provoacă mărirea lungimii de arc respectiv scăderea curentului în aceasta. In ambele cazuri, regulatorul determină în acest mod *o revenire la tensiunea iniţială*, ceea ce este important, în special în cazul unei creşteri a puterii reactive, care implică o scădere de tensiune în punctul respectiv de alimentare. Intr-adevăr, în acest din urmă caz, regulatorul evită intrarea în nestabilitate, prin reducerea curentului şi totodată şi a căderii de tensiune, funcţionarea revenind cu aceasta la normal. Se mai pot întrebuinţa şi *regulatori speciali de factor de putere sau de impedanţă*, care în loc să fie influenţaţi de curentul de arc, ca în exemplul precedent, sînt influenţaţi de tensiunea şi de curentul din arc, după cum se arată mai departe.

Pornind de la expresia puterii active absorbite, în funcţie de tensiune şi curent (U' şi I) şi de puterea reactivă absorbită:

$$P = \sqrt{3U'^2I^2 - 3L^2\omega^2 I^4} = \sqrt{3}I\sqrt{U'^2 - G_e^2 I^2} \quad (26)$$

se obţine factorul de putere, împărţind această relaţie cu $\sqrt{3}\,U'I$, de unde rezultă relaţia:

$$\cos\varphi = \sqrt{1 - G_e\left(\frac{I}{U'}\right)^2}. \quad (27)$$

Se vede din aceasta că, pentru a se menţine constant factorul de putere al unui cuptor cu arc printr-un reglaj automat, *este suficient să se menţină constant raportul* $\frac{I}{U'}$ sau *respectiv impedanţa cuptorului*. Aceasta se obţine făcînd ca sistemul de măsură al regulatorului automat utilizat să fie simultan influenţabil şi de tensiune şi de curent, cu acţiune inversă adică, o creştere a curentului sau o scădere a tensiunii să provoace amîndouă o lungire a arcului.

In acest mod, se evită situaţiile de nestabilitate, întrucît la o scădere a tensiunii U în punctul respectiv din sistemul energetic, corespunde o scădere a curentului, determinată de regulator, ceea ce determină *o reducere* a căderii de tensiune, respectiv revenirea la tensiunea normală, pe cînd reglajul simplu la intensitate constantă ar fi provocat *creşterea* curentului, cu accentuarea căderii de tensiune şi eventuala intrare în nestabilitate.

In concluzie, pentru a se evita pierderea stabilităţii statice a unui sistem energetic, datorită funcţionării unor cuptoare cu arc, este necesar ca aceste cuptoare să fie prevăzute cu reglaj automat la factor de putere constant sau la impedanţa constantă, adăugîndu-se în cazul existenţei unor reglaje automate la curent constant, un blocaj al acestora printr-un cosfimetru (sau eventual kilovarmetru) cu contacte de maximum şi de minimum.

Acest sistem de reglaj nu este obligatoriu pentru cuptoarele mici, a căror funcţionare nu influenţează funcţionarea în ansamblu a sistemului energetic în care sînt racordate, puterea lor fiind mică în raport cu cea a restului receptorilor racordaţi. Ca limită inferioară în acest sens se poate considera puterea aparentă de $\frac{1}{50}$ din puterea de scurtcircuit a punctului de racordare.

5. **Necesitatea supradimensionării instalaţiilor, din cauza factorului de putere scăzut la suprasarcini şi datorită efectului deformant al arcului.** Din diagrama cercului rezultă că la curentul de scurtcircuit al unui cuptor cu arc, decalajul acestuia faţă de tensiune este foarte aproape de $\frac{\pi}{2}$. Ori, într-o asemenea situaţie instalaţiile trebuie dimensionate la curentul eficace mediu, cu o componentă activă foarte redusă, faţă de cazul

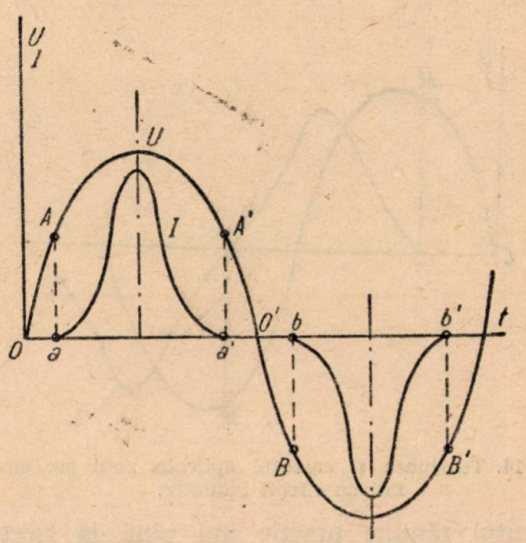


Fig. 13. Tensiunea şi curentul aplicate unui arc electric într-un circuit complet neinductiv.

unui factor de putere ridicat, în care aproape întregul curent transportat este activ, participînd la efectul util al cuptorului.

In realitate însă s-a arătat că reglajul automat al cuptorului menţine curentul absorbit în limitele de $\pm$ 25% faţă de valoarea nominală a curentului de reglaj, ceea ce conduce de fapt la un factor de putere mediu de valoare convenabilă. Pe de altă parte s-a mai arătat că pentru a se menţine stabilitatea statică a sistemului energetic alimentînd cuptoare electrice cu arc, reglajul trebuie să mai menţină constantă puterea reactivă absorbită de cuptoare, la o valoare covenabilă. In consecinţă, printr-un reglaj automat adecvat, şi prin reducerea la minimum a perioadei de topire, — în timpul căreia factorul de putere mediu este mai scăzut, — se poate obţine un transport minim de putere reactivă evitînd astfel supradimensionarea instalaţiilor.

Totodată însă cuptorul cu arc electric este un *receptor deformant*, fiindcă aplicîndu-i-se o tensiune perfect sinusoidală, curentul prin arc devine nesinusoidal. Intr-adevăr, dacă se presupune arcul în serie cu un circuit complet neinductiv (fig. 13), pornind de la originea timpului cu ten-

siunea zero, arcul nu se aprinde imediat, ci numai cînd tensiunea în creştere atinge o anumită valoare Aa. Astfel, între timpul O şi timpul Oa, curentul este practic zero. De aici înainte, cît timp tensiunea creşte, creşte şi curentul, trecînd prin maximum în acelaşi timp. Totuşi, în timp ce tensiunea creşte după o sinusoidă, curentul creşte mai repede decît linear, datorită caracteristicii arcului electric conform căreia cînd curentul creşte, rezistenţa arcului,

$$R_a = \frac{dU_a}{dI}$$

(în care U_a este tensiunea la bornele arcului), scade.

După trecerea prin maximum a tensiunii, la o valoare $A'a'$ a acesteia, arcul se stinge, iar

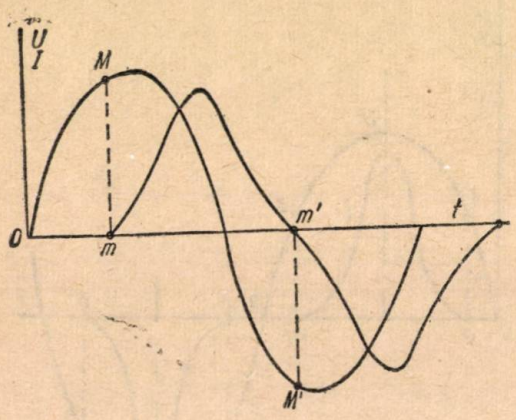


Fig. 14. Tensiunea şi curentul aplicate unui arc electric într-un circuit inductiv.

curentul rămîne practic nul pînă la trecerea tensiunii prin valoarea negativă $Bb = Aa$.

Rezultă astfel un curent periodic nesinusoidal, arcul fiind în acest caz lipsit de stabilitate, datorită deselor sale stingeri.

Stabilitatea arcului se obţine prin decalajul curentului faţă de tensiunea aplicată circuitului în care se înserează arcul (fig. 14). Intr-adevăr în momentul trecerii curentului prin zero, tensiunea are o valoare mM mai mare decît cea de străpungere a intervalului corespunzător şi curentul se stabileşte imediat, crescînd mai uniform decît în cazul fig. 13, întrucît creşterea pînă la acelaşi maxim se face într-un sfert întreg de perioadă şi nu redus prin timpii morţi Oa, $a'O'$, etc. Astfel se reduce concavitatea în sus a curbei curentului şi ea se apropie de o sinusoidă. Totodată se asigură stabilitatea arcului, prin continuitatea curentului în acesta, ne mai existînd aprinderi şi stingeri persistente, ci numai treceri instantanee prin 0.

Fapt este că situaţia aceasta, în care dintre tensiune şi curent, una din mărimi este nesinusoidală şi anume curentul, se încadrează în noţiunea de *regim deformant*.

Ori, se ştie că în regim deformant, puterea aparentă nu mai este suma vectorială a puterilor activă şi reactivă, ci este dată de relaţia :

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2 + D^2} = U_{ef} \cdot I_{ef} \qquad (28)$$

în care :

P este puterea activă consumată în cuptorul cu arc ;

Q — puterea reactivă consumată în acelaşi receptor ;

D — puterea deformantă absorbită de arc şi egală, într-o expresie generală, cu :

$$D = \sqrt{\sum_1^n [U_m^2 I_n^2 + U_n^2 I_m^2 - 2U_m U_n I_m I_n \cos(\varphi_m - \varphi_n)]} \qquad (29)$$

indicii m şi n referindu-se la ordinul armonicilor curentului şi tensiunii.

In cazul cînd *tensiunea este sinusoidală sau practic sinusoidală*, conform definiţiei din STAS 1893—50, expresia puterii deformate se reduce la :

$$D = U_{ef} \cdot I_d \qquad (30)$$

în care I_d, curentul deformant, rezultă din *rezidiul* funcţiei sinusoidale respective, dat la rîndul său de expresia :

$$I_d = \sqrt{I_{ef}^2 - I_1^2} \cong \sqrt{I_0^2 + I_2^2 + \cdots + I_n^2}, \qquad (31)$$

în care :

I_0 este un termen constant (care poate fi şi nul) ;

$I_1, I_2, I_3, \ldots I_n$ — valorile eficace ale armonicelor de ordinul 1, 2, 3,..., n ale curentului nesinusoidal.

Un regim deformant este caracterizat prin *factorul său de distorsiune* :

$$\delta = \frac{I_d}{I_{ef}} \cdot 100 \qquad (32)$$

care nu trebuie să depăşească la limită valoarea de 5%. In definitiv, lucrurile se petrec ca şi cînd la o aceeaşi inductanţă a reţelei, factorul de putere scade, de la $\cos\varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2+Q^2}}$, la o valoare K, definită prin :

$$K = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2 + D^2}}. \qquad (33)$$

Dar D fiind în acest caz proporţional cu I_d, este uşor de văzut că el va fi cu atît mai redus cu cît valorile eficace ale armonicilor superioare ale curentului : I_2, I_3....I_n sînt mai reduse în raport cu valoarea eficace a armonicii fundamentale, I_1, — respectiv cu cît curba mărimii respective se apropie mai mult de o sinusoidă.

După cum s-a arătat mai înainte însă, cu cît decalajul faţă de tensiune al curentului din arc este mai mare, cu atît această apropiere este mai accentuată. In consecinţă, la curenţi mai mici absorbiţi de cuptor, factorul de putere este mai mult influenţat de mărimea D, în astfel de cazuri fiind mai reduse valorile P şi Q. In schimb, la valori mari ale curentului absorbit, decalajul scade şi influenţa puterii deformante D devine neglijabilă.

Astfel se stabileşte în definitiv un fel de autoreglaj al factorului de putere, care are ca rezultat faptul de a nu se mai considera necesară o

dimensionare specială a instalaţiilor la putere deformantă, corespunzător unor valori mai mari ale curentului decît media maximelor de curent stabilite de funcţionarea regulatorului automat al cuptorului. Rămîne însă necesar ca în construcţiile de cuptoare cu arc să se tindă la rezultatul unei cît mai bune apropieri de cifra $\delta = 5\%$, cum a fost definită în STAS 1893—50, la curentul nominal de reglaj al cuptorului.

III. Efectele favorabile ale funcţionării cuptoarelor electrice cu arc racordate la reţele electrice trifazate

Cuptoarele electrice cu arc sînt în general mari consumatori de energie electrică, întrucît în special cele întrebuinţate în metalurgie, absorb puteri de ordinul a sute şi mii de kilowaţi. Pe de altă parte, ele lucrează în cele mai multe cazuri practic continuu zi şi noapte, fiind exploatate în trei schimburi şi realizînd astfel o durată de utilizare foarte mare a instalaţiilor corespunzătoare din centrale şi reţelele electrice.

Bineînţeles, din punctul de vedere al încărcării uniforme a centralelor şi reţelelor există consumatori mai favorabili, a căror curbă de sarcină este aproape rectilinie, iar opririle foarte rare — în timp ce s-a arătat că în cazul cuptoarelor cu arc se produce periodic cîte o serie de vîrfuri pe o lungă durată, respectiv se produc opriri la cîte 4—8 ore odată. Totuşi, dacă denumim *factor de sarcină*, cifra exprimată în procente, a raportului între orele de utilizare a vîrfului respectivului consumator şi orele unui an calendaristic, din comparaţia factorilor de sarcină ai diverselor categorii de consumatori, apar următoarele rezultate:

	Factor de sarcină %
Racorduri de locuinţe şi iluminat	5—10
Racorduri de forţă în general (de exemplu ateliere mecanice)	20—30
Industrii alimentare	25—30
Cuptoare electrice cu arc, pentru topit oţel .	60—90

In fine, din punct de vedere al factorului de putere mediu la care funcţionează, acesta ajunge la cuptoarele mari la 0,8—0,95, după cum impedanţa totală este de 30 sau 40% din raportul $\frac{U_n}{I_n}$.

După cum s-a arătat anterior, valoarea factorului de putere corespunzătoare curentului nominal de reglaj al unui cuptor cu arc este în general de minimum 0,9, iar datorită reglajului automat abaterile peste sau sub acest curent nominal sînt de ordinul de 25%, ceea ce nu dă variaţii prea mari ale factorului de putere.

Din aceste motive, cuptoarele mari electrice cu arc pot servi ele însile drept compensatoare de fază în reţele în care receptorii industriali au un factor de putere scăzut. Astfel de receptori sînt în special motoarele electrice funcţionînd mult timp în gol şi care dau un factor de putere scoborît pînă la 0,3. Procedeul este util în special în reţelele în care puterea racordată a cuptoarelor cu arc reprezintă un procent important din totalul puterii absorbite de consumatori.

IV. Concluzii

Pentru a se asigura un mers fără întrerupere şi economic al sistemelor energetice, cu respectarea parametrilor de calitate ale acestora (tensiune şi frecvenţă), este de datoria industriilor metalurgice să nu racordeze la reţele decît cuptoare cu arc absorbind o putere aparentă mai mică decît a 40-a pînă la a 50-a parte din puterea de scurtcircuit din punctul respectiv al sistemului. Aceste cuptoare trebuie totodată neapărat echipate cu regulatoare automate de tipuri care să permită menţinerea stabilităţii statice a sistemelor şi să nu producă deformaţii sensibile ale formei sinusoidale a curentului din arc.

In schimb, întreprinderile energetice, furnizoare de energie electrică pentru cuptoare cu arc trebuie să recunoască influenţele favorabile asupra funcţionării sistemelor energetice, datorite aceloraşi cuptoare şi în special unităţilor mari cu mers aproape neîntrerupt şi funcţionînd la un factor de putere ridicat. Această recunoaştere trebuie să se concretizeze în tarife avantajoase de vînzare a energiei electrice, reducînd astfel preţul de cost al materiilor prime siderurgice şi metalurgice în general, pe linia trasată a reducerii preţurilor şi creiarea unei abundenţe de produse, ţeluri importante ale construirii socialismului.

Bibliografie

Babat G. I., Derşvarţ G. V., Svencianski A. D., Smeliaski M. Ia. Cuptoare electrice industriale (traducere din limba rusă), Gosnergoizdat, 1948 şi I.D.T., 1949.
Okorokov N. V.: Cuptoare electrice de topire Editura metalurgică de stat, Moscova şi Leningrad. 1950.
Pirani M.X Electrotermia (prelucrată de un colectiv), Editura Goiti, Moscova, 1939.
Wotschke J.: Cuptoare electrice de topit Leipzig, 1940.

★

ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОДУГОВЫХ ПЕЧЕЙ, ПРИСОЕДИНЕННЫХ К ТРЕХФАЗНЫМ ВЫСОКОВОЛЬТНЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СЕТЯМ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СЕТИ

Резюме

Статья содержит детальное рассмотрение рабочих характеристик электродуговых печей, применяемых в особенности для варки стали, выявляя нежелательные влияния которые могут иметь место в электрических сетях к которым они присоединенны как, падение напряжения, расстройство статической устойчивости соответствующих энергетических систем и искажения тока электрической дугой. Указываются необходимые средства по удержанию этих неблагоприятных влияний в минимальных пределах. В заключение указываются и благоприятные влияния больших электродуговых печей на энергетические системы из за продолжительности времени использования и повышенного среднего коэффициента мощности с которым они действуют.

DISIMETRIILE PRODUSE DE TRACŢIUNEA ELECTRICĂ ÎN REŢELELE TRIFAZATE DE ELECTRIFICARE GENERALĂ

Conf. ing. I. CORODEANU

In prezentul articol se studiază disimetriile ce se produc în reţelele trifazate de electrificare generală de către tracţiunea electrică monofazată 50 Hz şi se arată avantajele pe care le prezintă în această privinţă întrebuinţarea transformatoarelor tribifazate (montaj Scott). Tratarea se face în ipoteza simplificatoare a unei scheme cu generator, debitînd direct pe barele ce alimentează reţeaua de tracţiune.

Cele mai răspîndite sisteme de tracţiune electrică feroviară sînt actualmente următoarele :

—sistemul cu curent continuu ;

— sistemul cu curent monofazat şi frecvenţă redusă (16 2/3 Hz în Europa).

In primul sistem, locomotivele electrice sînt alimentate prin intermediul liniei de contact, cu curent continuu. Substaţiile de tracţiune se alimentează la rîndul lor din reţeaua regională de electrificare — care în mod normal este trifazată avînd o frecvenţă industrială — şi transformă cu ajutorul redresoarelor energia electrică primită de la acestă reţea, în curent continuu (de obicei de 3 000 V sau 1 500 V) pentru linia de contact.

In al doilea sistem, locumotivele electrice sînt alimentate cu curent monofazat de frecvenţă redusă. Substaţiile de tracţiune se alimentează fie din reţeaua regională de electrificare, fie dintr-o reţea monofazată, în care debitează centrale monofazate deasemenea de frecvenţă redusă speciale pentru tracţiunea electrică ; ultimul caz este cel mai frecvent. In primul caz substaţiile de tracţiune cuprind grupuri convertizoare rotative motor generator pentru schimbarea frecvenţei şi a numărului de faze. In al doilea caz, substaţiile sînt echipate cu transformatoare monofazate de frecvenţă redu ă.

In ultimul timp a început să se dea o importanţă din ce în mai mare — pentru avantajele pe care le oferă — sistemului monofazat de tracţiune cu frecvenţă industrială. Literatura tehnică sovietică de specialitate acordă o atenţie cu totul deosebită acestui sistem, pe care îl consideră ca fiind în mod cert, sistemul viitorului. In acest sistem, substaţiile de tracţiune se alimentează din reţeaua trifazată de electrificare regională şi livrează liniei de contact, curent monofazat 50 Hz pentru locomotivele electrice. Echipamentul acestor substaţii este constituit în esenţă din transformatore monofazate de 50 Hz.

In fig. 1 se arată schematic părţile componente ale sistemelor de tracţiune electrică menţionate. Este de observat că atît sistemul cu curent continuu, cît şi sistemul cu curent monfazat de frecvenţă redusă alimentat din reţeaua trifazată regională de electrificare nu produc disimetrii de încărcare în reţeaua trifazată, deoarece atît redresoarele cît şi grupurile convertizoare rotative motor-generator dau loc la încărcări trifazate simetrice. La sistemul monofazat cu frecvenţă redusă, alimentat dintr-un sistem electroenergetic special, tot monofazat cu frecvenţă redusă, problema încărcării disimetrice a reţelei de alimentare a substaţiilor nici nu se poate pune.

In schimb, această problemă se pune în cazul sistemului de tracţiune monofazată cu frecvenţă industrială, în special pentru faptul că substaţiile de tracţiune pot constitui racorduri

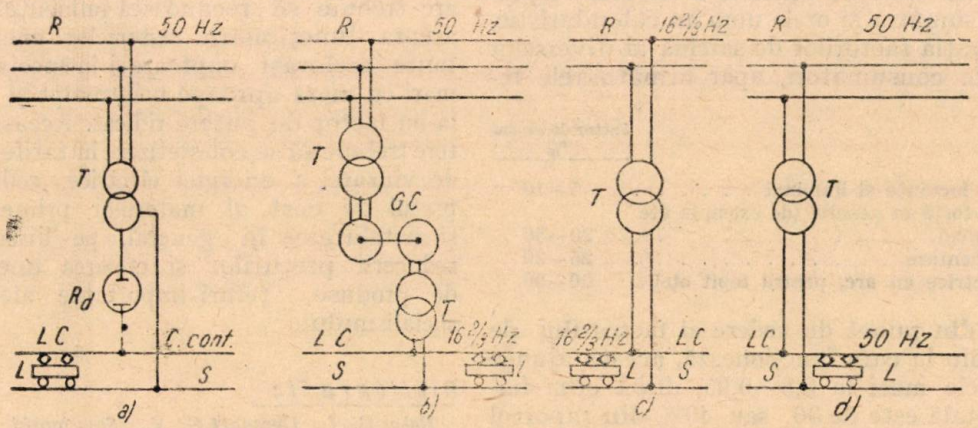


Fig. 1. Schemă principală pentru diferite sisteme de tracţiune electrică.

a — sistemul cu curent continuu ; *b* — sistemul cu curenţ monofazat de frecvenţă redusă şi alimentare din reţeaua regională de electrificare ; *c* — sistemul cu curent monofazat de frecvenţă redusă şi alimentare dintr-o reţea specială tot monofazată cu frecvenţă redusă ; *d* — sistemul monofazat cu frecvenţă industrială ; *R* — reţea de alimentare a substaţiilor de tracţiune ; *T*—transformator ; *Rd*—redresor ; *GC*—grup convertizor ; *LC*—linie de contact ; *L*—locomotivă electrică ; *S*—şine.

monofazate la reţeaua trifazată regională(fig. 1 *d*).

Cercetarea disimeteriilor produse se face cu ajutorul metodei componentelor simetrice. Existenţa componetelor inverse caracterizează disimetria sistemului. Să notăm cu V_d, V_i, V_h, modulele componentelor directe, inverse şi homopolare. Se numeşte grad de disimetrie al sistemului, expresia :

$$K_d = \frac{V_i}{V_d}.$$

De multe ori K_d se exprimă în procente.

Disimetriile din reţelele trifazate, dacă depăşesc anumite limite, pot avea efecte dăunătoare, atît asupra alternatoarelor din centralele electrice cît şi asupra consumatorilor.

Componentele inverse de curent corespund în alternatoare la un cîmp magnetic învîrtitor invers, care se roteşte cu viteza de sincronism în sens invers rotorului, adică cu o alunecare de 200%. Acest cîmp magnetic invers provoacă pierderi prin curenţi turbionari în rotorul alternatoarelor, astfel încît acestea se găsesc sub influienţa încălzirii corespunzătoare. Alternatoarele sînt bineînţeles dimensionate pentru a face faţă la o anumită încălzire a rotorului.In mod normal la o încărcare simetrică, cea mai mare parte din această încălzire este produsă de efectul Lenz-Joule în circuitul de excitaţie. Pentru o anumită încărcare, curentul de excitaţie este însă cu atît mai mic cu cît factorul de putere al maşinii este mai bun. In consecinţă, pe măsură ce acest factor de putere se îmbunătăţeşte, încălzirea datorită excitaţiei scade, astfel încît se poate mări încălzirea datorită unei eventuale disimetrii. In definitiv, cu cît factorul de putere se apropie de unitate, gradul de disimetrie admisibil creşte.

In ceea ce priveşte disimetria de curenţi admisibilă în reţeaua de înaltă tensiune, care alimentează atît consumatorii raionali, cît şi tracţiunea electrică (în curent monofazat 50 Hz), aceasta este în medie de aproximativ 1/0,7 din distimetria admisibilă în alternatoare, după cum se demonstrează într-o comunicare a doctorului în ştiinţele tehnice Vajta Mikloş făcută Academiei maghiare de ştiinţe (vol. VIII, Nr. 2/1953) prin lucrarea intitulată „Problemele reţelelor electrice în cazul sistemului de tracţiune monfazată cu 50 perioade". Dăm în tabela 1 — după acestă lucrare — valorile disimetriei admisibile pentru alternatoare şi reţea, la diverşi factori de putere, alternatoarele fiind dimensionate pentru $\cos\varphi = 0{,}7$ la încărcare simetrică.

Tabela 1

Factorul de putere . . .	0,7	0,8	0,9	1
Disimetria admisibilă pentru alternator	0	0,056	0,075	0,103
Disimetria admisibilă în reţea	0	0,08	0,107	0,147

Pentru disimetria de tensiuni, multe standarde prevăd o disimetrie maximă admisibilă de 5%. Pe reţelele de înaltă tensiune care alimentează şi tracţiunea monofazată 50 Hz, disimetria respectivă este de obicei sub această limită. O disimetrie de tensiune de cîteva procente nu are vre-o importanţă în ceea ce priveşte consumatorii statici (lumină, instalaţii termice). Asupra motoarelor asincrone influienţa este mai dezavantajoasă, din cauză că aceste motoare au o impedanţă inversă, sensibil mai mică decît impedanţa directă, ceea ce provoacă curenţi inverşi mai mari. Totuşi, în general, în practică se constată că nu se depăşesc limitele admisibile pentru o funcţionare normală.

Din cele de mai sus rezultă că în ceea ce priveşte disimetriile, trebuie ca să se dea o atenţie deosebită disimetriilor de curenţi.

In această privinţă să cercetăm care este gradul de disimetrie produs de tracţiunea electrică monofazată 50 Hz, printr-un racord monofazat la reţeaua trifazată. Să presupunem că dintre cele trei faze *A*,*B*,*C*, ale reţelei, racordul monofazat afectează fazele *A* şi *B*, (fig. 2). Tinînd seama de cele arătate mai înainte şi notînd cu I_{1d} I_{1i} I_{1h} componentele directă, inversă şi homopolară (valori complexe) de curenţi, avem :

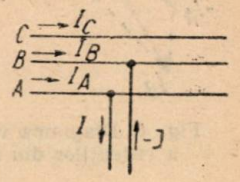


Fig. 2. Racord monofazat.

$$I_{1d} = \frac{I_A + aI_B + a^2 I_C}{3} = \frac{I - aI + 0}{3} = \frac{1-a}{3} I$$

$$I_{1i} = \frac{I_A + a^2 I_B + aI_C}{3} = \frac{I - a^2 I + 0}{3} = \frac{1-a^2}{3} I$$

$$I_{1h} = \frac{I_A + I_B + I_C}{3} = \frac{I - I + 0}{3} = 0.$$

Din cele de mai sus rezultă că modulul I_d al componentei directe I_{1d} este egal cu modul I_i al componentei inverse I_{1i} astfel încît

$$K_d = \frac{I_i}{I_d} = 1$$

adică vom avea o disimetrie de 100%.

Disimetria s-ar putea micşora, dacă într-o substaţie de tracţiune, în loc de a face un singur racord între fazele *A*-*B* (fig. 2) s-ar face două racorduri între fazele *A*-*B* şi *B*-*C* (fig. 3). In acest caz, este necesar a separa linia de contact prin limitatorul de fază *l* (fig. 3) în două porţiuni, deoparte şi de cealaltă a substaţiei. Să cercetăm disimetria ce se produce în reţeaua trifazată atunci cînd între

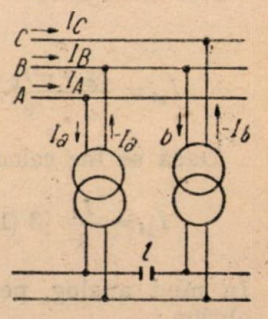


Fig. 3. Substaţie de tracţiune cu două racorduri monofazate între fazele *A*—*B* şi *B*—*C*.

sarcinile celor două racorduri există un raport :

$$\frac{I_b}{I_a} = m.$$

Vom presupune că reţeaua trifazată este suficient de puternică pentru ca disimetriile de tensiune să poată fi considerate neglijabile. D agrama vectorială care ne arată cum rezultă curenţii pe faze I_A I_B I_C din curenţii de tracţiune I_a I_b (fig. 3) este reprezentată în fig. 4 unde s-a presupus de asemenea că cele două racorduri monofazate au factor de putere identic astfel încît decalajul între I_a şi I_b să poată fi luat egal cu 120°. Pe faza A curentul I_A este egal chiar cu curentul de tracţiune I_a. Pe faza B obţinem curentul I_B respectiv dacă compunem curentul I_b (decalat la 120° faţă de I_a) cu $-I_a$. In sfîrşit, se vede că curentul I_C pe faza C este egal cu $-I_b$. Odată derterminaţi curenţii I_A I_B I_C putem cerceta gradul de disimetrie respectiv.

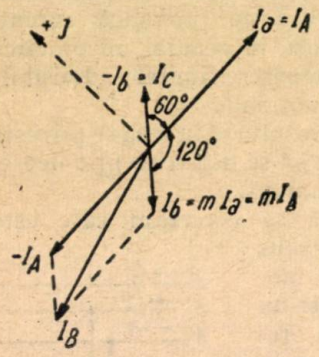


Fig. 4. Diagrama vectorială a curenţilor din fig. 3.

Luînd curentul $I_a = I_A$ ca origine de fază şi observînd fig.4, putem scrie în valori complexe :

$$I_C = mI_A\,(\cos 60° + j \sin 60°) = \left(\frac{m}{2} + j\frac{m\sqrt{3}}{2}\right) I_A$$

$$I_b = mI_A\,(\cos 120° - j \sin 120°) = \left(\frac{m}{2} - j\frac{m\sqrt{3}}{2}\right) I_A$$

$$I_A = I_b - I_A = \left[-\left(\frac{m}{2}+1\right) - j\frac{m\sqrt{3}}{2}\right] I_A$$

In definitiv avem următorul sistem de curenţi (valori complexe) :

$$I_A$$

$$I_B = \left[-\left(\frac{m}{2}+1\right) - j\frac{m\sqrt{3}}{2}\right] I_A$$

$$I_C = \left(\frac{m}{2} + j\frac{m\sqrt{3}}{2}\right) I_A.$$

Notînd cu I_{1i} componenta inversă, avem în valori complexe :

$$I_{1i} = \frac{I_A + a^2 I_B + a I_C}{3} = \frac{I_A + \left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)\left[-\left(\frac{m}{2}+1\right) - j\frac{m\sqrt{3}}{2}\right] I_A + \left(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)\left(\frac{m}{2} + j\frac{m\sqrt{3}}{2}\right) I_A}{3}$$

Dacă se fac calculele se găseşte :

$$I_{1i} = \frac{I_A}{6}\,[3\,(1-m) + j\sqrt{3}(1+m)].$$

In mod analog, pentru componenta directă se obţine :

$$I_{1d} = \frac{I_A}{6}[3(1+m) - j\sqrt{3}\,(1+m)].$$

Notînd cu I_i şi I_d modulele componentelor inverse şi directe, avem :

$$K_d = \frac{I_i}{I_d} = \frac{\sqrt{9\,(1-m)^2 + 3\,(1+m)^2}}{\sqrt{9\,(1+m)^2 + 3\,(1+m)^2}} = \frac{1}{2}\sqrt{1 + 3\left(\frac{1-m}{1+m}\right)^2}$$

Pentru a reduce şi mai mult gradul de disimetrie s-a recurs la utilizarea tranformatoarelor tri-bifazate (montaj Scott) în substaţiile de tracţiune (fig. 5). Un asemenea transformator este propriu-zis constituit din două transformatoare

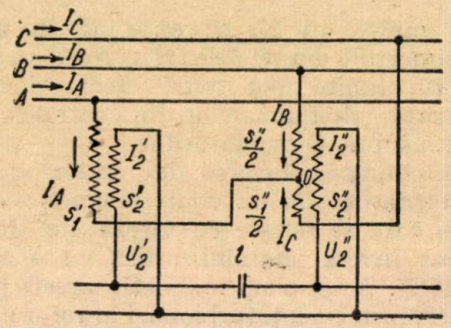


Fig. 5. Substaţie de tracţiune cu transformator tri-bifazat (Scott).

legate între ele, astfel după cum se arată în figură. Primarul transformatorului din stînga este legat cu un capăt la faza A a reţelei trifazate, iar cu celălat capăt la mijlocul primarului transformatorului din dreapta.Cele două capete ale primarului acestui din urmă transformator sînt legate la fazele B şi C ale reţelei trifazate. Secundarele transformatoarelor se leagă la două porţiuni ale liniei de contact (de o parte şi de cealaltă a substaţiei) separate între ele electric printr-un limitator de fază l.

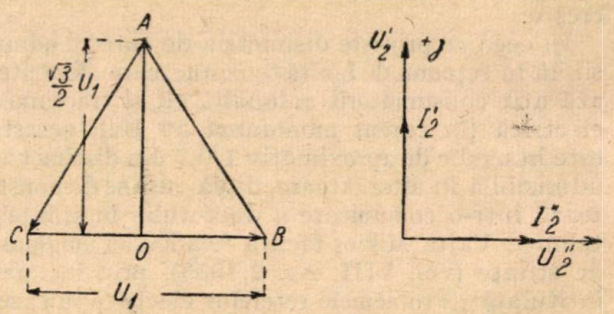


Fig. 6. Diagrama vectorială a tensiunilor precum şi a curenţilor secundari în cazul transformatorului tri-bifazat.

In fig, 6 laturile triunghiului echilateral ABC reprezintă tensiunile între fazele raţelei trifazate. Presupunem şi în acest caz că reţeaua trifazată este suficient de puternică astfel încît disimetriile acestor tensiuni să fie neglijabile. Inălţimea OA a triunghiului reprezintă tensiunea între faza A şi punctul O al transformatorului (fig. 5.) Dacă notăm de exemplu cu U_1 tensiunea între faze, atunci tensiunea la bornele primare ale

transformatorului din dreapta va fi U_1, iar tensiunea la bornele primare ale transformatorului din stînga va rezulta din relaţia care există între înălţimea $OA = h$ şi latura $BC = a$, a triunghiului echilateral ABC. Deoarece:

$$\frac{h}{a} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

rezultă că tensiunea la bornele primare ale transformatorului din stînga este:

$$U_{0A} = \frac{\sqrt{3}}{2} U_1.$$

Cele două tensiuni primare susmenţionate, U_1 şi U_{0A} sînt defazate între ele cu 90° după cum rezultă din fig. 6. Tensiunile secundare U_2'' şi U_2' vor fi şi ele defazate cu 90°. Să notăm cu r'' raportul de transformare al transformatorului din dreapta şi cu r' raporul de transformare al transformatorului din stînga. Să notăm deasemenea cu s_1'' şi s_2'' numărul de spire primare şi secundare ale transformatorului din dreapta, iar cu s_1' şi s_2' numărul de spire primare şi secundare ale transformatorului din stînga. Pentru ca tensiunile secundare U_2'' şi U_2' să fie nu numai defazate cu 90° dar şi egale — deci bifazate — va trebuie să avem:

$$\frac{r''}{r'} = \frac{2}{\sqrt{3}}$$

unde:

$$r'' = \frac{s_1''}{s_2''} \quad \text{şi} \quad r' = \frac{s_1'}{s_2'}.$$

Presupunem pentru simplificare că curenţii secundari I_2' şi I_2'' sînt în fază cu tensiunile secundare respectiv U_2' şi U_2''. De altfel rezultatul pe care urmărim să-l arătăm, este acelaşi şi în cazul cînd nu sînt în fază, dar unghiurile de decalaj sînt egale. Să notăm cu m raportul între sarcinile celor două porţiuni ale liniei de contact, adică:

$$\frac{I_2''}{I_2''} = m.$$

Deoarece cei doi curenţi secundari sînt decalaţi cu 90° rezultă în valori complexe:

$$I_2'' = -jmI_2'.$$

Considerînd egalitatea dintre amperspirele primare şi secundare pentru transformatorul din stînga, putem scrie:

$$I_A \cdot s_1' = I_2' \cdot s_2'$$

In consecinţă:

$$I_A = \frac{s_2'}{s_1'} I_2' = \frac{1}{r'} I_2' = \frac{2}{\sqrt{3}r''} I_2'$$

Considerînd egalitatea dintre amperspirele primare şi secundare pentru transformatorul din dreapta, avem:

$$I_B \cdot \frac{s_1''}{2} - I_C \cdot \frac{s_1''}{2} = I_2'' s_2'' = -jmI_2' \frac{s_1''}{r''} = -$$

$$- = jm\frac{\sqrt{3}}{2} I_A s_1''$$

Rezultă:

$$I_B - I_C = -jm\sqrt{3} I_A.$$

Pe de altă parte, aplicînd prima lege a lui Kirchhoff la nodul O (fig. 5) obţinem (tot în valori complexe):

$$I_A + I_B + I_C = 0.$$

Dacă ultimele două ecuaţii se rezolvă în raport cu necunoscutele I_B şi I_C, se obţine:

$$I_B = \left(-\frac{1}{2} - j\frac{m\sqrt{3}}{2}\right) I_A$$

$$I_C = \left(-\frac{1}{2} + j\frac{m\sqrt{3}}{2}\right) I_A.$$

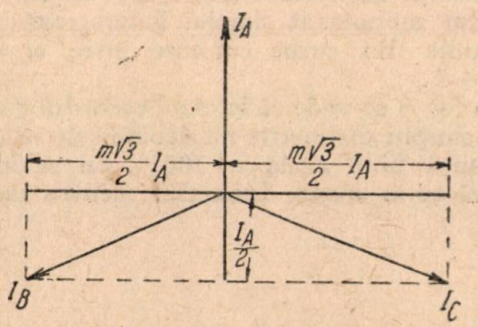


Fig. 7. Diagrama curenţilor primari la transformatorul tribifazat.

In fig. 7 se arată reprezentarea vectorială a celor trei curenţi I_A I_B I_C. Componenta inversă I_{1i} a sistemului I_A I_B I_C este dată de:

$$I_{1i} = \frac{I_A + a^2 I_B + a I_C}{3} = \frac{I_A + \left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)\left(-\frac{1}{2} - j\frac{m\sqrt{3}}{2}\right) I_A + \left(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)\left(-\frac{1}{2} + j\frac{m\sqrt{3}}{2}\right) I_A}{3}$$

Componenta directă $I_1 d$ a aceluiaşi sistem de curenţi va fi:

$$I_{1d} = \frac{I_A + a I_B + a^2 I_C}{3} = \frac{I_A + \left(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)\left(-\frac{1}{2} - j\frac{m\sqrt{3}}{2}\right) I_A + \left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}\right)\left(-\frac{1}{2} + j\frac{m\sqrt{3}}{2}\right) I_A}{3}$$

Raportul între modulul componentei inverse şi directe este, dacă se fac calculele :

$$K_d = \frac{I_i}{I_d} = \frac{1-m}{1+m}.$$

Avem acum posibilitatea de a face o comparaţie completă în ceea ce priveşte disimetriile produse în cele trei cazuri studiate şi anume :

— racord monofazat simplu ;
— racord monofazat dublu ;
— transformator tri-bifazat.

In fig. 8 s-a trasat pentru fiecare caz, curba ce reprezintă variaţia gradului de disimetrie K_d în

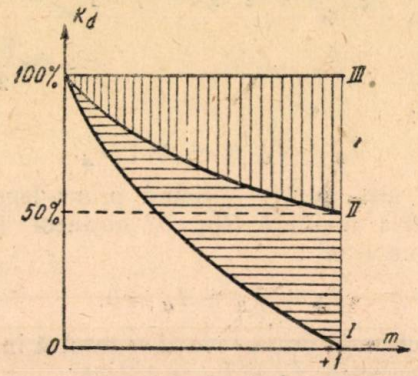


Fig. 8. Diagrama curbelor comparative de disimetrie.
I — transformator tri-bifazat ; *II* — Racord monofazat dublu ; *III* — Racord monofazat simplu.

funcţie de m, care este raportul între sarcinile pe fiecare porţiune a liniei de contact. Curba *I* se referă la transformatorul tri-bifazat, curba *II* la racordul monofazat dublu, iar curba *III* la racordul monofazat simplu. Interesează numai porţiunile din curbe cuprinse între $m = 0$ şi $m = +1$.

Din fig. 8 se vede că în cazul racordului monofazat simplu disimetria nu depinde de m şi este constantă fiind egală cu 100%. In schimb pe măsură ce m creşte, disimetriile pentru racordul dublu şi pentru transformatorul tri-bifazat scad, însă disimetria pentru racordul dublu scade mai încet decît pentru transformatorul tri-bifazat, astfel încît pentru $m = 1$ disimetria corespunzătoare racordului dublu s-a redus la 50% pe cînd pentru transformatorul tri-bifazat s-a anulat. In consecinţă, imediat ce $m > 0$, transformatorul tri-bifazat devine mai avantajos şi anume cu atît mai avantajos, cu cît m este mai aproape de unitate. Regiunea haşurată orizontal în figură marchează avantajul pe care transformatorul tri-bifazat îl are faţă de racordul dublu, iar regiunea haşurată vertical arată avantajul pe care racordul dublu îl are faţă de racordul simplu.

Este de observat totuşi că cele de mai sus sînt valabile pentru cazul cînd tracţiunea electrică ar fi prevăzută cu o singură substaţie de tracţiune. In cazul cînd sînt mai multe substaţii (cum se întîmplă de obicei), chiar numai cu racorduri monofazate simple se poate ameliora mult disimetria pentru ansamblul substaţiilor ; într-adevăr, în acest caz substaţiile se racordează succesiv între fazele $A-B$, $B-C$, $C-A$ etc. astfel încît sarcina totală a tracţiunii electrice să se poată repartiza cît mai bine pe cele trei faze A, B, C. Aceasta face dealtfel ca să nu mai fie necesară dispoziţia din fig. 3. In Republica Populară Ungară, unde s-a introdus din anul 1932 tracţiunea electrică în curent monofazat 50 Hz s-a aplicat dispoziţia sus menţionată cu substaţii avînd racorduri legate succesiv la fazele $A-B$, $B-C$, $C-A$ etc. nemai simţindu-se nevoia unor transformatoare tri-bifazate. In alte părţi însă, substaţiile intermediare s-au prevăzut cu transformatoare tri-bifazate, iar substaţiile de capăt cu transformatoare monofazate obişnuite, constituind racorduri monofazate simple.

Bibliografie

Crug C. A. : Bazele electrotehnicii, Moscova, 1946.
Vajta Miklos : Problemele reţelelor electrice în cazul sistemului de tracţiune monofazată cu 50 Hz, Budapesta, 1953.

★

АССИМЕТРИИ ПРОИЗВЕДЕННЫЕ ЭЛЕКТРОТЯГОЙ В ТРЕХФАЗНЫХ СЕТЯХ ОБЩЕЙ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ

Резюме

В статье изучаются ассиметрии произведенные в трехфазных сетях общей электрификации, электрической однофазной тягой 50 гц и указываются преимущества представляемые в этом отношении в случае применения трех-двухфазных трансформаторов (схема Скотта). Изложение производится, предпологая упрощенный случай схемы в которой генератор питает непосредственно шины питающие тяговую сеть.

CALCULUL ÎNĂLŢIMII ECONOMICE A BARAJELOR UNUI HIDROCENTRU

Ing. A. FILOTTI

In articol autorul propune o metodă pentru determinarea înălţimii economice a barajelor, aplicată la specificul amenajării hidroenergetice integrale a rîurilor carpatine. Articolul, este însoţit de un exemplu de calcul pentru cazul amenajării uzinelor în cascadă cu mai multe lacuri de acumulare.

In literatura de specialitate se indică metoda de calcul a înălţimii optime a unui baraj pe baza considerentelor topogeologice. Se consideră în general înălţimea economică, înălţimea la care costul unui metru cub de apă acumulat este minim. Pentru aceasta se calculează coeficientul de calitate al barajului $\alpha = \frac{V_u}{W_r}$ în care V_u este volumul util al lacului şi W_r volumul de beton redus, adică volumul de beton al unui baraj de greutate care ar echivala costul barajului de alt tip.

Notînd cu W volumul real al barajului, volumul redus va fi $W_r = kW$ unde k este raportul dintre preţul unitar al volumului barajului considerat şi cel al unui baraj de greutate. Coeficienţii k se pot lua pentru calcule aproximative din tabela 1.

Tabela 1

Coeficienţii de reducere a volumelor de baraj la volumul barajului de greutate

Tipul barajului	$k = \frac{W \text{ baraj}}{W \text{ baraj greutate}}$
Pămînt *)	0,18—0,30
Anrocamente *)	0,25—0,45
Zidărie uscată *)	0,38—0,60
Greutate	1,00
Greut. executat în condiţii speciale **)	1,05—1,20
Greutate în arc **)	1,10—1,35
Arc **)	1,55—1,75

*) Valorile coeficienţilor se vor lua cu atît mai mici cu cît condiţiile de acces sînt mai grele.

**) Valorile coeficienţilor se vor lua cu atît mai mari cu cît condiţiile de execuţie sînt mai grele.

Pentru calcule mai exacte trebuie făcută o estimaţie de cost pentru fiecare caz în parte.

Coeficientul de calitate α poate da rezultate numai în studiul unei singure uzine hidroelectrice. In comparaţia energetică a diferitor baraje între ele, el ar da însă naştere la rezultate greşite, datorită faptului că acelaşi volum de apă poate produce energii diferite funcţie, de căderea în care este utilizat. Notînd căderea brută cu H_b şi cunoscînd relaţia :

$$E = \frac{V_u H_b \eta}{367} \text{ (kWh)} = K V_u H_b$$

se constată necesitatea introducerii unui coeficient care să reprezinte energia acumulată de un metru cub de beton redus :

$$\beta = \frac{1}{K} \frac{E}{W_r} = \frac{V_u H_b}{W_r}.$$

Pe baza acestui coeficient se poate stabili o metodă pentru determinarea înălţimii economice a barajelor unui hidrocentru. Din punct de vedere energetic soluţia optimă este, în cazul unui sistem de uzine hidroelectrice în cascadă, amenajarea unui lac de acumulare la uzina cea mai sus situată pe cursul rîului, care să regularizeze întreg debitul afluent ; în acest caz uzinele din aval vor fi înzestrate numai cu baraje pentru regularizarea diferenţei de debit datorite creşterii bazinului de recepţie. In general aceasta nu este posibil pentru rîurile carpatine deoarece acestea nu prezintă cuvete favorabile creerii unor lacuri mari de acumulare la mare altitudine. Chiar în locurile în care realizarea unei asemenea retenţii este posibilă, soluţia nu reprezintă un optim economic. Din acest motiv se pune problema realizării retenţiei într-un şir de lacuri ale diferitelor uzine de pe cursul superior al rîului.

Din studiul profilului în lung volumetric al rîului (fig. 1 pre um şi pe baza planului general de amenajare, principial stabilit, se determină amplasamentele favorabile pentru baraje.

Pe baza datelor t p geologice se calculează ordinul de mărime al retenţiei realizabile In tabela 2 este arătată calitatea retenţiei, funcţie de procentul din volumul afluent anual care se poate acumula.

Tabela 2

Calitatea retenţiei unui hidrocentru

Calitatea retenţiei	Retenţia realizabilă în % din V_{an}
Orară zilnică	0,06—0,1
Săptămînală	0,3 —0,6
Sezonieră	5 —10
Anuală	25 —35
Superanuală	100 —500

Valorile se vor lua cu atît mai mari cu cît raportul $\frac{Q_{max} - Q_{min}}{Q_{med}}$ este mai mare.

Fiind stabilită calitatea retenţiei se studiază planul de gospodărire a apei pe perioada respectivă

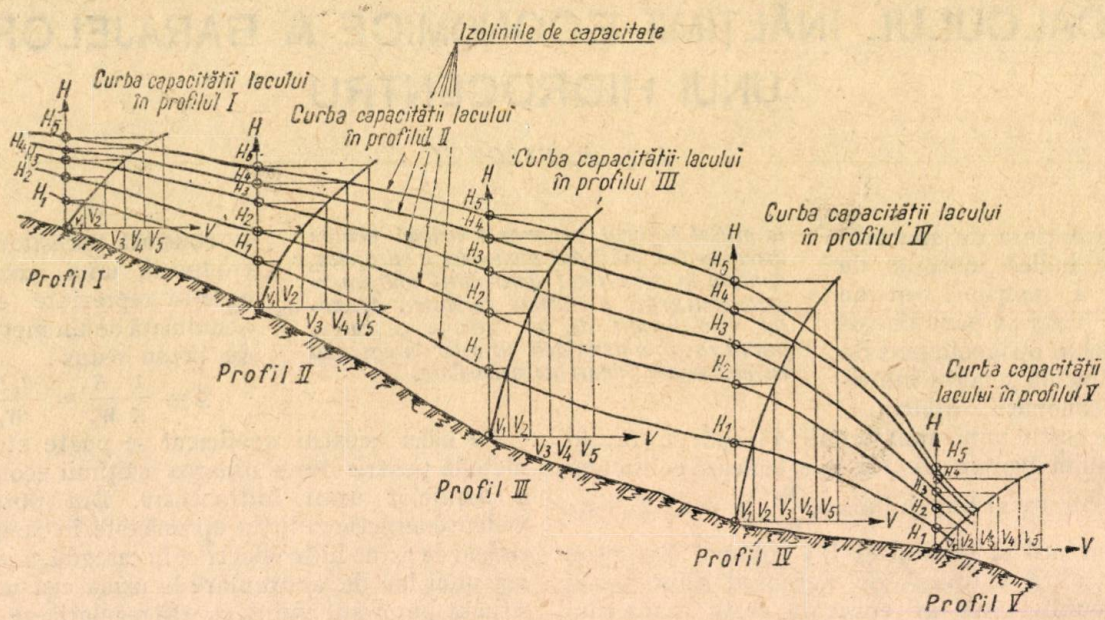


Fig. 1. Profilul în lung volumetric al rîului.

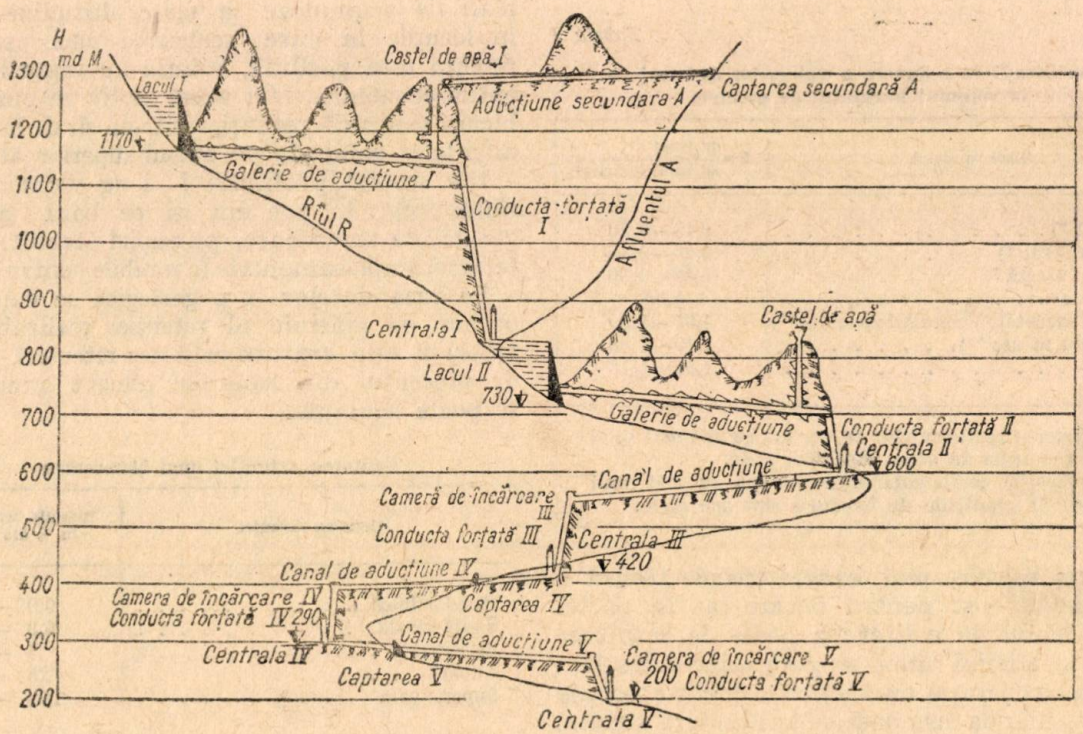


Fig. 2. Profilul în lung al amenajării integrale a rîului *R*.

(zilnic, săptămînal, anual) după una din metodele indicate in literatură (vezi prof. D. Pavel — Hidroenergetica generală) stabilindu-se volumul total de retenţie necesar.

Această retenţie poate fi realizată într-un număr de n lacuri.

Pentru fiecare din aceste n lacuri se vor trasa curbele $V = f(H)$ şi $W_r = f(H)$. Trebuie menţionat că trasarea curbelor $W_r = f(H)$ este necesară pentru diferite tipuri de baraj deoarece pentru diverse înălţimi date, soluţia optimă poate varia; de exemplu pentru înălţimea H_1 poate fi mai economic un baraj de anrocamente, iar pentru înălţimea H_2 un baraj de beton de greutate în arc.

Pentru fiecare înălţime în parte se va lua în consideraţie varianta cu volumul de beton reduse minim.

Se va stabili pentru diferite repartizări în diversele lacuri al volumului util total acumulat:

$$V_u = V_{u1} + V_{u2} + V_{u3} + \ldots + V_{un}$$

coeficientul $\beta = \dfrac{\sum_{i=1}^{n} V_{u_i} h_i}{\sum_{i=1}^{n} W_{r_i}}$.

Repartiţia optimă a volumelor pentru diferite lacuri va fi aceea pentru care β este minim, ceea ce corespunde energiei totale acumulate de volumul de beton redus minim.

Exemplu de calcul. Se consideră planul de amenajare integrală a rîului R din fig 2. constînd din cinci uzine în cascadă dintre care cele două din amonte au posibilitatea creerii unor lacuri de acumulare. Debitul modul la captarea uzinei II este de 3,6 m³/s. Din planul de retenţie rezultă un volum util acumulat necesar pentru regularizare superanuală de 80 000 000 m³. Se pune problema găsirii înălţimii optime a barajelor.

In fig. 3 şi 4 s-au trasat curbele $V = f(H)$ pentru lacurile I şi II. Apoi s-au trasat curbele $W = f(H)$ pentru fiecare din cele două baraje în diferite variante. Pentru barajul I (amonte) au fost considerate variantele: baraj de anrocamente, baraj de greutate clasic, baraj de greutate cu rosturi lărgite şi baraj de greutate evidat. Pentru barajul II (aval) au fost considerate variantele baraj de anrocamente, baraj de greutate, baraj de greutate în arc şi baraj în arc. Curbele $W = f(H)$ au fost construite pentru valorile reale (nereduse) ale volumelor.

S-au calculat apoi curbele $\alpha = \dfrac{V_u}{kW} = f(H)$ pentru diferite tipuri de baraje şi apoi s-a trasat curba înfăşurătoare $\alpha = f(H)$.

Se constată că α optim este de 129 m³ apă/m³ beton pentru barajul amonte şi 209 m³ apă/m³ beton pentru cel aval, ceea ce ar indica un amplasament mult mai favorabil pentru barajul II.

S-a efectuat apoi calculul conform metodei indicate în prezentul studiu. Calculul s-a făcut în două ipoteze, anume:

Ipoteza I: se execută toate uzinele hidrocentrului pe întreg sectorul amenajabil al rîului, adică pînă la cota 200 m.d.M.

Ipoteza II: se execută numai uzinele I şi II, amenajîndu-se numai sectorul amonte de cota 600 m.d.M, celelalte uzine fiind prevăzute numai ca o rezervă energetică a hidrocentrului şi urmînd a fi executate ulterior.

In tabela 3 s-a făcut calculul în cele două ipoteze pentru diferite repartiţii ale volumului total de 80 000 000 m³ între cele două lacuri.

Pentru fiecare repartiţie a fost calculat volumul de beton redus total $\sum W_{r_i} = W_{r1} + W_{r2}$. Deasemenea s-au calculat produsele $V_{u1}h_1$ şi $V_{u2}h_2$ unde:

V_{u1} şi V_{u2} sînt volumele utile acumulate în lacurile I şi II,

$h_1 = H_{med1} - H_{aval}$ — căderea medie utilizată a apei acumulate în lacul I,

$h_2 = H_{med2} - H_{aval}$ — căderea medie utilizată a apei acumulate în lacul II,

Calculul înălţimii optime a barajelor *Tabela 3*

Repartiţia	Uzina amonte					Uzina aval					W_r (mil m³)	Ipoteza I 200 mdM						Ipoteza II 600 mdM					
	V_{u_1} (mil. m³)	H_1 (m. d. M.)	H_{med_1} (m. d. M.)	α_1	W_{r_1} (mil m³)	V_{u_2} (mil. m³)	H_2 (m. d. M.)	H_{med_2} (m. d. M.)	α_2	W_{r_2} (mil m³)		h_{1m} (m)	h_{2m} (m)	$V_{u_1}h_1$ (miliarde m⁴)	$V_{u_2}h_2$ (miliarde m⁴)	$\sum V_u h$ (miliarde m⁴)	$\beta = \frac{\sum V_u h}{\sum W_r}$ (mii m)	h_{1m} (m)	h_{2m} (m)	$V_{u_1}h_1$ (miliarde m⁴)	$V_{u_2}h_2$ (miliarde m⁴)	$\sum V_u h$ (miliarde m⁴)	$\beta = \frac{\sum V_u h}{\sum W_r}$ (mii m)
1	80	1255	1227	121	660	0	730	—	—	0	660	1027	—	82	—	82	124	627	—	50	—	50	76
2	70	1248	1223	124	565	10	177	761	193	50	615	1023	561	71	6	77	125	623	161	44	2	48	75
3	60	1242	1218	129	465	20	795	777	208	96	561	1018	577	61	12	73	130	618	177	36	4	40	71
4	50	1235	1213	128	390	30	807	788	206	146	536	1013	588	51	18	69	129	613	188	31	6	37	69
5	40	1227	1208	125	320	40	816	795	199	200	520	1008	595	40	24	64	123	608	195	24	8	32	61
6	30	1218	1202	116	258	50	824	802	187	268	526	1002	602	30	30	60	114	602	202	18	10	28	53
7	20	1208	1196	104	192	60	831	807	173	347	539	996	607	20	36	56	96	596	207	12	12	24	45
8	10	1196	1186	86	116	70	838	811	156	449	565	986	611	10	43	53	93	586	211	15	15	21	37

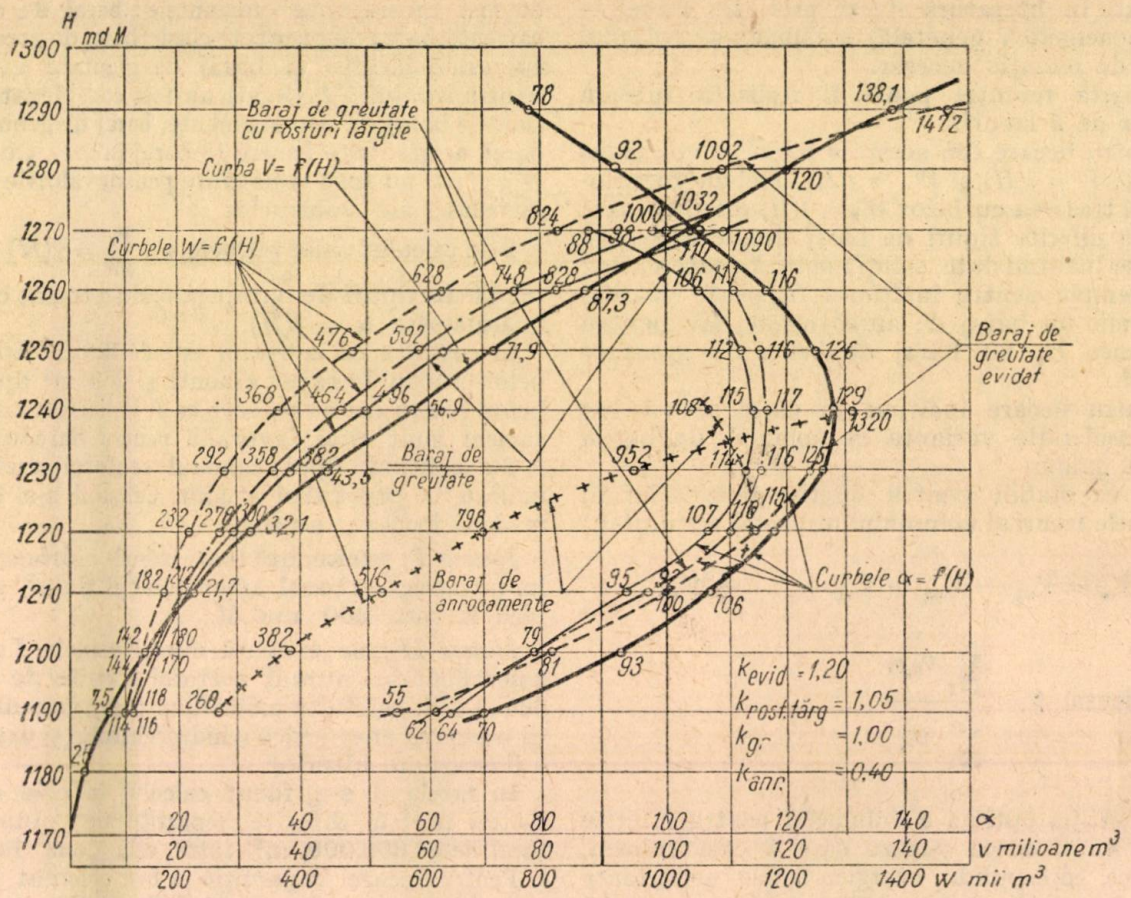


Fig. 3. Curbele $V = F(H)$, $W = F(H)$ şi $\alpha = F(H)$ pentru barajul amonte.

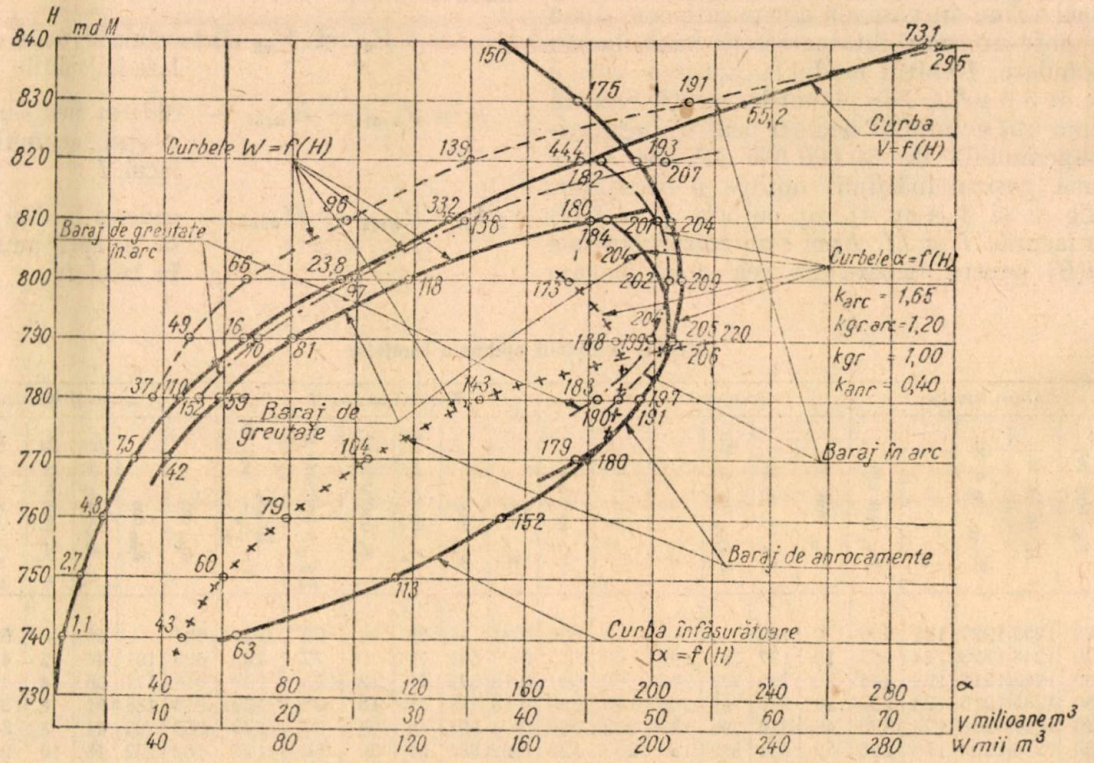


Fig. 4. Curbele $V = F(H)$, $W = F(H)$ şi $\alpha = F(H)$ pentru barajul oval

H_{med1} şi H_{med2} — cotele la centrele de greutate ale lacurilor,

H_{aval} — cota de restituire a ultimei uzine a hidrocentrului, (în ipoteza I: 200 m.d.M. şi în ipoteza II: 600m.d.M.)

Insumînd apoi $\sum V_{u_i} h_i$ şi calculînd raportul $\beta = \frac{\sum V_{u_i} h_i}{\sum W_{r_i}}$ se constată că în prima ipoteză soluţia de optim economic corespunde unei înălţimi de 72 m a barajului *I* şi de 65 m a barajului *II*, adică unui volum de apă acumulat de 60 000 000 m³ în lacul *I* şi 20 000 000 m³ în lacul *II*; pentru această repartiţie $\beta = 130\,000$ m.

In ipoteza a doua rezultă economică realizarea întregei acumulări de 80 000 000 m³ în lacul *I* printr-un baraj de 85 m şi un baraj pentru regularizare orară la captarea aval. In această ipoteză $\beta = 76\,000$ m.

Prin metoda clasică indiferent de numărul uzinelor construite se consideră economică repartiţia care se realizează cu volumul de beton redus minim, adică 40 000 000 m³ în lacul *I* (amonte şi 40 000 000 m³ în lacul *I* (aval) corespunzînd unor înălţimi de 57 m a barajului amonte şi 85 m a barajului aval.

Avantajul metodei reiese clar dacă se calculează energia acumulată prin formula

$$E = \frac{V_u H_b \eta}{367} \text{ (kWh)}$$

Considerînd randamentul mediu total $\eta = 0{,}7$ se obţin rezultatele din tabela 4.

Se observă că din metoda clasică rezultă un volum de beton mai mic deci investiţii mai mici pentru un m³ de apă acumulat, decît prin metoda propusă. In consecinţă metoda nu este aplicabilă pentru amenajări care nu au o utilizare energetică (de exemplu lacuri pentru alimentări cu apă, irigaţii, etc.) Investiţiile în baraje cresc cu 8% în ipoteza *I* şi 27% în ipoteza *II*.

Totuşi preţul energiei acumulate — şi în calculele economice acesta este cel preponderent — este mai mic prin metoda propusă faţă de cea clasică cu 4,5% respectiv 23%.

Tabela 4

Comparaţia dintre metoda clasică şi metoda propusă

	Ipoteza I		Ipoteza II	
	Metoda clasică	Metoda propusă	Metoda clasică	Metoda propusă
Volum de beton redus baraj amonte	320 000 m³	465 000 m³	320 000 m³	660 000 m³
Volum de beton redus baraj aval	200 000 m³	96 000 m³	200 000 m³	—
Volum total de beton redus	520 000 m³	561 000 m³	520 000 m³	660 000 m³
Energie acumulată în lacul amonte	76 000 000 kWh	116 000 000 kWh	46 000 000 kWh	95 000 000 kWh
Energie acumulată în lacul aval	46 000 000 kWh	22 000 000 kWh	15 000 000 kWh	—
Energie totală acumulată	122 000 000 kWh	138 000 000 kWh	61 000 000 kWh	95 000 000 kWh
Acumulare specifică a energiei	235 kWh/m³ beton	246 kWh/m³beton	117 kWh/m³beton	144 kWh/m³beton

★

РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ВЫСОТЫ ПЛОТИН ГИДРОУЗЛА

Резюме

Автор предлагает в статье метод определения экономической высоты плотин, в применении к особенностям полного гидроэнергетического использования карпатских рек. Дается пример расчета для случая оборудования каскадных ГЭС с несколькими водохранилищами.

CU PRIVIRE LA MODELAREA DEBITULUI SOLID ŞI LA APLICAŢIILE SALE PRACTICE

Dr. ing. PAUL WISNER

In prima parte a acestui articol, se face o prezentare de sinteză asupra m todelor moderne de modelarea debitului solid, insistîndu-se asupra modelelor de rîuri. Autorul arată cauzele care au condus la adoptarea mai multor abateri de la similitudinea dinamică. Se scot în evidenţă avantajele şi dezavantajele legate de principalele abateri, atrăgîndu-se atenţia asupra unora din greşelile posibile în dimensionarea modelului şi interpretarea rezultatelor. Se subliniază tendinţa actuală de a se obţine rezultate, nu numai calitative, ci şi cantitative şi se descriu studiile preliminare necesare în vederea atingerii acestui scop. In a doua parte a articolului, se prezintă critic diferite aplicaţii ale metodelor de mai sus la rezolvarea unor probleme analoage ce se pun actualmente la unele din institutele noastre de proiectare (prize, împotmoliri de lacuri, împotmoliri de porturi etc.).

Activitatea desfăşurată în ultimii doi ani de Laboratorul hidraulic al Institutului de mecanică aplicată al Academiei R.P.R., cît şi rezultatele deosebit de interesante obţinute în încercările pe model făcute de către laboratoarele mari din U.R.S.S. şi C.S.R., contribuie să provoace în rîndul inginerilor noştri hidrotehnicieni un interes crescînd pentru aplicaţiile practice ale hidraulicii experimentale. Asigurîndu-se baza materială pentru dezvoltarea mai rapidă în R. P. R. a acestui gen de cercetări ştiinţifice, se acordă un sprijin puternic proiectanţilor noştri, care au fost mult timp nevoiţi să rezolve complicate probleme hidraulice numai pe cale empirică sau chiar intuitivă.

Cercetarea hidraulică în R.P.R. trebuie să capete o orientare justă, astfel ca lucrările să fie la un nivel ştiinţific cît mai înalt, utilizînd toate cuceririle hidraulicii moderne, armonizînd teoria cu practica după exemplul hidraulicii sovietice. In acest scop, credem, că este utilă o cît mai largă informare asupra metodelor şi resurselor, pe care le oferă încercările pe modele. In lucrarea de faţă, în cadrul seriei noastre de articole asupra diferitelor aplicaţii ale încercărilor pe modele, ne propunem să facem o prezentare de sinteză asupra uneia dintre cele mai interesante probleme din laboratoarele hidraulice, *modelarea debitului solid*. Se expun pe scurt consideraţii asupra metodicei de cercetare, cît şi cîteva exemple de utilizare ale acesteia la probleme analoage cu cele ce se pun în prezent la unele din institutele noastre de proiectare.

In „Hidrotehnica" au apărut două articole tratînd din alte puncte de vedere problema debitului solid. Primul, al ing C. Burghele şi I. Savu, apărut în nr. 12/1953 (1), descrie dificultăţile produse de aluviuni la întreţinerea şi proiectarea porturilor noastre dunărene. Dragări de sute de mii de metri cubi, amenajări portuare ce au trebuit să fie mutate, altele care au trebuit să fie chiar părăsite, iată cîteva exemple ale pagubelor ce ar fi putut fi evitate, dacă în trecut proiectarea porturilor s-ar fi făcut pe bază de încercări pe modele. Dacă se vor construi modele ale unora din porturile noastre care prezintă asemenea dificultăţi în exploatare, este sigur că se vor mai putea realiza însemnate economii. Credem că este necesar să se publice mai des asemenea articole de sinteză a experienţei căpătate în exploatarea instalaţiilor hidrotehnice, (de exemplu a prizelor de la captările de apă de răcire ale unora din centralele termoelectrice unde împotmolirea produce de asemenea mari greutăţi).

Al doilea articol al ing. M. Constantinescu şi M. Goldstein apărut în nr. 2/1954 [2], conţine o prezentare de sinteză a fenomenelor şi mecanismului transportului debitului solid de fund şi a celui în suspensie. Remarcăm că, în acest al doilea articol, problema a fost privită în special din punctul de vedere al hidrologului. Hidraulica modernă pune accentul pe analiza critică a diferitelor noţiuni şi formule privitoare la debitul solid, folosite în practica hidrologică şi de proiectare. Ar trebui de asemenea amintit că stadiul actual al cunoaşterii noastre asupra debitului solid de fund este datorit aproape în exclusivitatea studiilor făcute în canalele speciale ale laboratoarelor hidraulice cu avantaje incontestabile pentru posibilităţile de investigaţie şi desigur cu inconveniente în ceea ce priveşte siguranţa extrapolării. In ceea ce priveşte problema debitului în suspensie, expusă în acest articol, observăm că dacă teoria turbulenţei a permis o mai bună înţelegere a fenomenului, totuşi tot studiul în laboratorul hidraulic este singurul care permite deocamdată progresul în această direcţie. Laboratoarele hidraulice cercetează diferite cazuri particulare (efectul pereţilor), determinarea condiţiilor limită la fund, mecanismul prin care particolele trec de la mişcarea în salturi la cea în suspensie, studiul mişcării particolelor din stratul limită, care — atunci cînd este încărcat cu sedimente — devine conform teoriilor recente un film plastic cu proprietăţi speciale etc. Aşa cum vom arăta în continuare cercetarea pe modele este bazată pe o strînsă colaborare nu numai cu proiectanţii, ci şi cu hidrologii, cărora le pune

sarcini noi. In general, rămînerea în urmă a hidrometriei față de laboratorul hidraulic este astăzi piedica principală în calea rezolvării definitive a problemei debitului solid. In particular, pentru organizațiile hidrologice din țara noastră trebuie să constatăm că — datorită condițiilor de dezvoltare — nu s-a putut face decît relativ puțin în ceea ce privește mărimea urătorile debitului în suspensie și aproape nimic în ceea ce privește debitul solid de fund. Ținînd seama de importanța unanim recunoscută a acestei probleme, ar fi de dorit să se dea sprijin acestor organizații, pentru a lichida această rămînere în urmă (în ultimii doi ani s-a acordat multă atenție și s-au realizat progrese în privința măsurării debitului solid, atît în R.P.U. cît și în C.S.R.).

Considerații asupra metodicei în modelare.

Am arătat mai sus că laboratoarele hidraulice aduc o importantă contribuție la cunoașterea fenomenelor debitului solid prin studii cu caracter teoretic și general. Paralel cu această activitate teoretică, au fost conduse numeroase cercetări pentru rezolvarea problemelor concrete puse de proiectare. Deși în cele de mai jos ne vom ocupa numai de tehnica modelării acestor probleme practice, trebuie să amintim că în activitatea laboratorului hidraulic aceste două preocupări nu pot fi complet separate. Primele studii practice făcute într-o perioadă în care se știa mult mai puțin decît astăzi despre mecanismul mișcării aluviunilor, nu au putut avea decît *un caracter cu totul calitativ*. Prin aceasta, se înțelege că încercările pe model se făceau fără o alegere științifică a scării diferitelor mărimi și că — după încercarea mai multor variante — se arată care este cea mai favorabilă, fără a se putea da o prognoză asupra comportării absolute a acesteia.

Odată cu progresul studiilor teoretice, s-a putut perfecționa treptat și metodica încercărilor practice, tendința în hidraulica experimentală contemporană fiind de a se da rezultate *nu numai calitative, dar și cantitative* [6]. In acest scop, după cum vom arăta mai jos, cercetătorii se sprijină pe teoriile moderne asupra scurgerii debitului solid, și mai ales pe studii experimentale preliminarii. Un rol important îl joacă și experiența proprie a fiecărui laborator și dacă cineva parcurge literatura recentă în acest domeniu, va fi la început surprins să constate cît de variate sînt procedeele de modelare folosite de marile laboratoare. O analiză mai adîncă va duce însă la concluzia că majoritatea acestor metode vor da rezultate apropiate, cu condiția de a nu fi utilizate în mod mecanic și de a se ține seama, în tot timpul cercetării, de bazele teoretice ale fenomenelor. Așa cum observa unul din primii cercetători ai modelelor de rîuri „un model hidraulic nu poate să înlocuiască, ci cel mult să ajute bunul simț tehnic și judecata inginerească". In interpretarea rezultatelor și recomandarea diferitelor îmbunătățiri, este necesară colaborarea strînsă dintre cercetători și proiectanți. Cunoașterea complicației teoretice a problemei nu trebuie să conducă la scepticism sau neîncredere, ci să constituie un avertisment; la modelarea debitului solid este mai mare decît la celelalte încercări pericolul de a se construi modele, care să reprezinte prototipuri imaginare, sau care să fie greșit interpretate.

Cele mai des întîlnite modele, pentru studiul efectelor debitului solid, sînt modelele de rîu. Acestea se construiesc și se exploatează diferit, după natura problemei studiate. *Modelele cu fund fix*, deși se construiesc în special pentru probleme de remu, pot da ca rezultat secundar al cercetării unele concluzii asupra mișcării aluviunilor deduse din observațiile nivelelor și vitezelor. Mult mai frecvent se construiesc *modele cu fund mobil*, realizat din materialele cele mai variate și unde prognoza asupra modificărilor din albia naturală se face pe baza măsurării directe a deformației albiei modelului. Pentru probleme speciale, *se construiesc modele cu apă turbure* încărcată cu suspensii și luată uneori chiar din rîul studiat. Cele mai complicate modele de rîu sînt desigur modelele deltelor (fig. 1) și mai

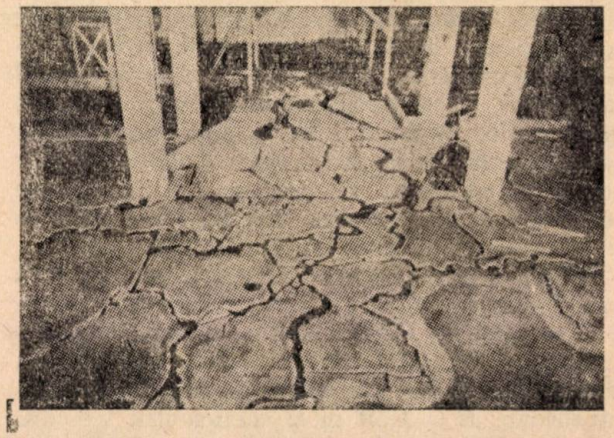


Fig. 1. Modelul unei delte, proiectat cu o deformație foarte mare (scara lungimilor 1 : 4 800, scara înălțimilor 1 : 100).

ales ale estuarelor marilor fluvii, pe care se studiază problema aluviunilor, ținînd seama de salinitatea apei oceanului și de reprezentarea fenomenelor de flux și reflux. De multe ori, pentru aceeași problemă se construiesc două sau trei modele la scări și de natură diferită, permițînd a se examina mai multe aspecte ale problemei și a se verifica, prin comparare, rezultatele. Acest fel de verificare este indicat pentru lucrările laboratoarelor noastre, la care nu se posedă încă date suficiente din natură și suficientă experiență.

Dificultățile în modelare survin atunci cînd se atacă cea mai simplă problemă, construirea unui model cu fundul fix. La aceasta, se caută în general a se realiza similitudinea dinamică a scurgerii după legea lui Froude, trebuind să fie îndeplinite următoarele două condiții:

I. Similitudinea regimului de scurgere.
II. Similitudinea rugozității).

Căutînd să dimensionăm modelul, astfel ca cele două condiţii de mai sus să fie îndeplinite, trebuie să ţinem seama de faptul că hidraulica canalelor deschise este departe de a fi stăpînită în măsură egală cu cea a conductelor sub presiune. Pentru un canal prismatic, avînd secţiunea de forma neregulată a unei albii de rîu, nu s-a putut încă defini în mod satisfăcător un parametru corespunzător numărului lui Reynolds, care să dea prin valori critice criterii de separare, a regimului laminar de cel turbulent (condiţia 1). Pentru cazul real al scurgerii neuniforme, aşa cum are loc pe modele de rîuri, apare o complicaţie suplimentară prin aceea că schimbarea mărimii şi direcţiei vitezei de la o secţiune la alta poate influenţa sensibil asupra menţinerii regimului turbulent la viteze şi adîncimi foarte mici. O altă problemă nerezolvată decît parţial este aceea a relaţiei dintre coeficientul λ şi rugozitatea relativă $\frac{K}{R}$ cu atît mai mult cu cît adesea aceeaşi secţiune are diferite rugozităţi (condiţia II). Din cele de mai sus rezultă că dimensionarea modelului, chiar în acest caz care este cel mai simplu, nu se poate face printr-un calcul curent şi riguros. Laboratoarele hidraulice recurg din această cauză foarte mult la experienţa acumulată la o serie întreagă de modele şi uneori la „recomandări" date de diverşi cercetători, care trebuie însă privite cu mult spirit critic. Mai valoroase sînt prezentările unor cercetări sistematice, chiar dacă sînt făcute numai pentru cazuri particulare, aşa cum reiese de exemplu din studiul lui A. P. Zegjda de la laboratorul VNIIG din Leningrad [4,9].

Pentru a preciza un alt aspect al problemei să considerăm exemplul cu totul schematic al modelării cu fund fix al unei albii prismatice dreptunghiulare şi de lăţime foarte mare. Fie lăţimea $B = 600$m, debitul $Q = 900$ m³/s, adîncimea corespunzătoare $H = 1{,}50$ m şi coeficientul n — din formula Maning Pavlovschi — $n = 0{,}025$. Se poate arăta că — pentru a avea satisfăcute condiţiile I şi II de mai sus — este necesar a alege o scară foarte mare, pentru valorile numerice date în jurul a $\frac{1}{50}$. Chiar şi pentru această scară, modelul nu se găseşte încă în zona rezistenţei cuadratice, iar pentru a intra în această zonă ar fi necesară mărirea scării pînă la $\frac{1}{25}$. Rezultă — pentru o serie întreagă de probleme la care este necesară reprezentarea pe model a unor sectoare de mai mulţi kilometri lungime — că alegerea scării după respectarea principiilor de mai sus conduce la modele gigantice de peste 100 m lungime, care sînt foarte greu de construit şi mai ales de exploatat.

Aceste dificultăţi de ordin practic experimental au condus laboratoarele hidraulice ca să admită — încă acum 30 ani — pentru unele probleme *o primă abatere de la similitudinea dinamică*, prin renunţarea la similitudinea geometrică, care — după cum se ştie — este o primă condiţie a celei dintîi. Abaterea consta în mărirea scării adîncimilor, care ar fi de exemplu studiul lui A.P. Zagjda care permite realizarea similitudinii regimului de scurgere, precum şi a unei rugozităţi corespunzătoare celei din natură, fără a se recurge la scări exagerate ale lungimilor. Un alt avantaj asupra căruia vom reveni mai jos, este asigurarea pe model a unor forţe de tîrîre suficient de mari, pentru a putea antrena materialul de fund. *După adoptarea scării deformate, modelul de rîu nu mai poate să fie replica fidelă a prototipului şi devine un foarte mic curs de apă pentru unul din elementele căruia se pot stabili — pe bază de teorie şi experienţă — corelaţii cu elementele corespunzătoare ale rîului din natură.* Pînă în ultimii ani, revistele de specialitate publicau multe discuţii între adversarii şi partizanii deformării modelelor de rîuri. Primii arătau celor din urmă o serie întreagă de dezavantaje, între care amintim următoarele :

a) orice model deformat se depărtează de similitudinea dinamică în mult mai mare măsură decît cel mai mic model nedeformat, care respectă la limită condiţiile I şi II ;

b) modelul deformat se proiectează pentru a obţine similitudinea într-o singură direcţie şi deci nu poate fi folosit pentru studii mai generale ale problemelor albiilor respective.

c) modelul deformat necesită mai multe date din natură decît cel nedeformat ;

d) din cauza nesiguranţei asupra unora din efectele deformării, pericolul de a greşi în extrapolarea şi interpretarea rezultatelor este mult mai mare la un model deformat, decît la unul nedeformat.

Faţă de aceste obiecţiuni — în general juste — partizanii modelelor deformate scoteau în evidenţă avantajele de ordin practic ale deformării : spaţiul mai redus, debitul pompat mai mic, economia de personal şi materiale, timpul de studiu mai redus, micşorarea costului încercărilor etc.

Astăzi, această discuţie poate fi considerată ca încheiată, fiind dovedit că — la modelele rîurilor mari — alegerea scării deformate este cerută de însăşi observaţiile obiective asupra morfologiei albiilor (Altunin) şi de legile dinamicei rîurilor (modelarea naturală a lui Velikanov). Această concepţie se poate explica intuitiv, pornind de la observaţia că în natură rîurile mici ce se scurg în straturi aluvionare au în general raportul între adîncime şi lăţime mai mare decît rîurile mari ce se scurg în paturi de constituţie analoagă. Modelul fiind considerat ca un curs de apă mai mic, va trebui deci să respecte şi el această creştere a raportului $\frac{H}{B}$, faţă de prototip. Mărimea deformării variază însă în limite foarte largi, de la 1/4 pînă la 1/50, după natura studiului. Alegerea este legată de respectarea a noi condiţii şi de admiterea altor abateri de la similitudinea dinamică. Să presupunem că se studiază pe un model regularizarea unui rîu, combinată cu exploatarea unui uvraj hidrotehnic, urmărindu-se verificarea proectului şi facerea unor prognoze asupra duratei diferitelor manevre ale acestui uvraj, în vederea producerii unor modificări convenabile ale albiei. Admiţînd că ne limităm la aluviunile de fund, mai

trebuie îndeplinite — înafara condiţiilor I şi II — următoarele condiţii suplimentare :

III. Similitudinea vitezelor critice (mişcarea generală sau în masă a aluviunilor să aibă loc atît în natură, cît şi pe model la debite corespunzătoare).

IV. Similitudinea naturii mişcării aluviunilor (păstrarea pe model a mărimii dunelor la aceeaşi proporţie ca în natură).

V. Similitudinea debitelor solide (creşterea debitului solid cu cel lichid să aibă loc pe model după o lege corespunzătoare celei din natură).

VI. Similitudinea duratei de deformaţie (modificări analoge ale albiei produse de variaţii ale debitului, corespunzătoare pe model şi în natură să aibă loc în timpi de asemenea corespunzători).

Pentru a putea satisface aceste condiţii, se trece la noi abateri de la similitudinea „riguroasă". În primul rînd *se abandonează similitudinea geometrică a măririi aluviunilor.* Această abatere este uneori necesară, chiar la modele nedeformate ale disipatorilor de energie, unde — dacă s-ar realiza fundul mobil al modelului din grăunţe, a căror mărime este redusă la scară faţă de cea din natură — s-ar obţine la albii din material mai fin un pat coeziv, care s-ar modifica prin ruperea unor conglomerate. Dimensiunea minimă a grăunţelor pe un model de rîu este fixată de condiţia de a nu se forma dune disproporţionat de mari, care măresc foarte mult rugozitatea şi modifică calitativ deformaţiile fundului. O altă problemă este a alegerii între un fund compus din grăunţe de mărime uniformă sau variată (ultima soluţie reproduce mai bine condiţiile naturale, însă îngreunează compararea diferitelor experienţe între ele întrucît materialul cel mai fin este spălat la început).

În al doilea rînd, *se abandonează similitudinea pantelor,* modificînd panta ce a reieşit din alegerea unor scări diferite pentru lungimi şi înălţimi. Panta se alege în funcţie de materialul ales sau disponibil pentru fund, care trebuie să fie antrenat conform condiţiei III şi — bineînţeles — depinde şi de rugozitatea produsă de acest material.

În al treilea rînd, *se modifică greutatea specifică a grăunţelor* care alcătuiesc fundul folosindu-se în loc de nisip — diverse răşini, lignit, antracit, pilitură de lemn etc. Utilizarea materialelor uşoare permite o micşorare apreciabilă a scării timpului de deformaţie (condiţia VI), astfel că cicluri hidrologice de ani de zile să se poată reproduce în cîteva ore.

În fine, cea mai critică deformare la studiul pe modele de rîu, recomandată a se utiliza — numai după ce au fost epuizate celelalte posibilităţi — este cea a debitelor lichide, adică *abaterea de la legea lui Froude.* Experienţa mai multor cercetări urmărite de autor arată că, mai ales atunci cînd timpul de cercetare este limitat, această deformare nu poate fi evitată. Problema se va pune şi la noi, pînă cînd laboratoarele noastre vor aduna suficient material din comparaţia experienţelor realizate cu diferite materiale de fund şi rugozităţi. Deşi există diferite teorii pentru a justifica această abatere [3], se recomandă să nu se depăşească anumite limite, a căror valoare superioară se poate prevedea prin calculele preliminare.

Se vede din cele de mai sus că dimensionarea unui model pentru studiul mişcării aluviunilor comportă nu numai determinarea unei singure scări pentru lungimi, ci a două pînă la cinci scări diferite după natura problemei. Scara adîncimilor, scara pantelor, mărimea şi greutatea specifică a grăunţelor ce alcătuiesc fundul mobil, precum şi scara debitului sold, se determină — în primă aproximaţie — pe bază de calcule, cu ajutorul materialului adunat de diferiţi cercetători ce au încercat să stabilească formule pentru transportul debitului solid. În a doua fază a studiilor preliminare, se verifică — pe cale experimentală — rezultatele acestui calcul, prin încercări făcute în canalul cu pantă variabilă, de care trebuie să dispună orice laborator hidraulic. Numai după ce s-au făcut aceste experienţe preliminare se poate avea garanţia că scara modelului cu fund variabil este bine aleasă şi că se poate începe construcţia modelului. După ce aceasta s-a terminat, începe a treia şi ultima fază de studii preliminare şi anume a măsurătorilor de verificare şi a ajustărilor finale ale modelului, pentru a se asigura corespondenţa cea mai desăvîrşită cu rîul din natură. La baza acestor studii stă un postulat al modelării fenomenelor din albia rîurilor şi anume : se admite că un model de rîu, care reprezintă în mod satisfăcător condiţiile existente în albia naturală înainte de executarea uvrajelor proiectate, va reproduce — cu acelaşi grad de fidelitate — felul în care aceste condiţii sînt modificate, în urma executării uvrajelor respective. Pe baza acestui postulat, modelul se construeşte la început astfel încît să reprezinte albia naturală nemodificată prin construcţiile proiectate (fig. 2), se execută apoi măsurătorile de verificare, care au tocmai scopul de a controla calculul preliminar şi încercările din canalul cu pantă variabilă, observîndu-se în ce măsură corespund naturii, diferite elemente ale acestui model (nivele, viteze, începerea antrenării în masă). Aşa cum s-a constatat şi în încercările făcute pentru una din uzinele noastre hidroelectrice, aceste măsurători pun în evidenţă anumite diferenţe şi atunci urmează migăloasa operaţie de ajustare, în care — prin încercări succesive — se modifică unele elemente ale modelului, pînă ce se ajunge la o corespondenţă cît mai perfectă. Aceste ajustări se fac atît asupra rugozităţii modelului cît şi asupra secţiunii şi chiar a debitului. În modelul din fig. 2, s-a reuşit ca — prin ajustarea rugozităţii — să se micşoreze diferenţa între nivelele din natură şi cele măsurate pe model de la 0,5—0,2 m. În diverse cercetări pe care a avut ocazia să le urmărească, autorul a constatat cazuri în care — datorită unor studii preliminare insuficiente — măsurătorile de verificare au arătat diferenţe foarte mari între model şi natură şi a fost necesar să se recurgă la o abatere prea mare de la legea lui Froude, sau chiar la

reconstrucţia modelului. Pe de altă parte, importanţa acestor studii preliminare a fost pusă în evidenţă prin cazul unui model destinat studiului regularizării unui sector al Dunării, la care corespondenţa între model şi natură putea fi calificată drept surprinzătoare. Pentru acel

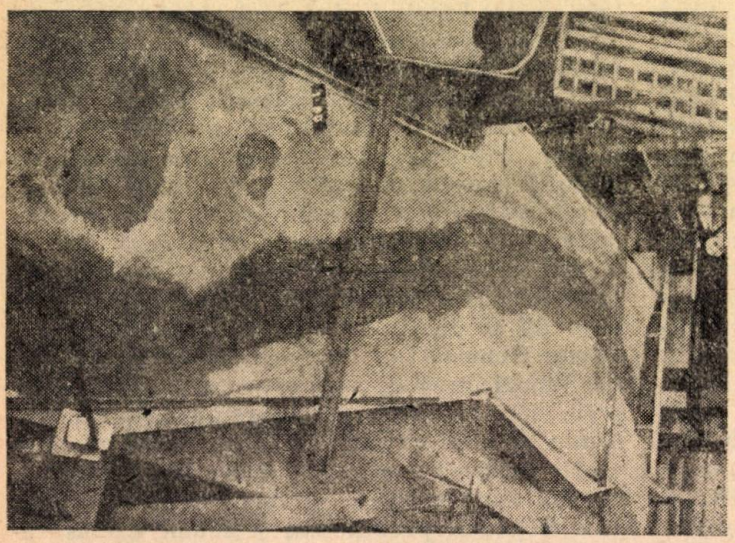


Fig. 2 Incercări preliminare de verificare ale unui model nedeformat şi cu fund mobil, pentru un rîu de munte cu albie stabilă. Scara 1 : 60 (Modelul uscat).

sector existau două ridicări făcute la interval de mai mulţi ani, în timpul cărora au fost ape mari, ce au produs modificări sensibile în structura albiei. După *zeci de încercări de ajustare* pentru verificarea finală a modelului, s-a dat acestuia forma albiei corespunzătoare primei încercări. După aceasta — într-o experienţă care a durat circa 40 ore — s-a reprodus întreg ciclul hidrologic din intervalul de timp dintre cele două ridicări, reproducîndu-se debitele lichide, cele solide, precum şi scara timpului, conform rezultatelor studiilor preliminare. La terminarea experienţei, nu numai că forma deformaţiilor albiei corespundea celei de-a doua ridicări, dar şi adîncimile erau foarte apropiate, diferenţa maximă ce s-a observat fiind de mai puţin de 0,5 m în porţiuni în care albia se adîncise cu peste 3 m. De asemenea, s-a constatat o bună corespondenţă între acest model şi un altul făcut la scară diferită şi cu fundul din alt material. Abia după aceasta ultimă verificare, s-a trecut la reprezentarea pe model a construcţiilor proiectate, cercetîndu-se efectul lor asupra albiei. Credem de asemenea că prezintă interes să arătăm că în acest studiu durata cercetărilor preliminare a fost de circa 18 luni, iar atunci cînd s-au terminat cu succesul arătat, încercările propriu-zise au durat numai trei luni.

Pentru mai multe din încercările ce sînt actualmente în curs la noi în ţară, nu este încă posibilă o verificare atît de perfectă, întrucît nu au putut fi culese din natură toate datele necesare pentru a compara modelul cu prototipul. Bineînţeles că precizia rezultatelor încercărilor este de ordinul celei a datelor din natură ce stau la baza acestora. Deşi practica laboratoarelor hidraulice a pus la punct şi unele metode de verificare mai puţin perfecţionate rafinate, este necesar a se face eforturi pentru a avea înaintea începerii încercărilor cel puţin următoarele :

1) profile transversale prin albie, la un interval corespunzător cu circa 0,50 m pe model ;

2) profile longitudinale prin oglinda apei pentru debite cît mai variate. În acest scop se vor monta în zona cercetată mai multe mire, ce vor fi citite simultan la intervale regulate şi la ape mari ;

3) curbe granulometrice ale stratului aluvionar şi interpretarea coeficientului de rugozitate în funcţie de acestea ;

4) indicaţii asupra debitelor la care începe şi la care se termină antrenarea în masă a aluviunilor de fund.

La toate lucrările mari şi unde este — în general — posibil, se vor face determinări asupra mărimii debitului solid de fund şi direcţiei curenţilor. Un interes deosebit îl prezintă ridicările albiei făcute la intervale mai mari de timp, însoţite de curba de regim pentru acele intervale [5]. Culegerea tuturor acestor elemente impune organizaţiilor noastre hidrologice, care pregătesc actualmente — în special — date pentru sarcinile de proiectare să treacă la hidrografia de detaliu, la studiul amănunţit al unui anumit sector scurt de rîu, pe care este amplasată construcţia studiată.

Spaţiul limitat ne împiedică să intrăm în aceleaşi detalii asupra problemelor modelării aluviunilor în suspensie, a cărei tehnică este de altfel mai recentă decît aceea a modelării aluviunilor de fund. Vom aminti că — în general — un model construit pentru a realiza similitudinea debitului solid de fund, nu poate servi pentru studiul direct al debitului solid în suspensie, deşi se pot trage indirect concluzii asupra acestuia. Cu toate că este dificil a se realiza similitudinea în toate detaliile scurgerii (distribuţia vitezelor şi concentraţiei), totuşi laboratoarele din U.R.S.S. fac numeroase studii de acest fel, cele mai obişnuite fiind pentru îmbunătăţirea sistemelor de decantoare. Se rezolvă în laboratoarele hidraulice chiar probleme mai grele, cum ar fi colmatarea lacurilor de acumulare, depunerile la gura fluviilor etc. Şi aici se recurge la deformaţii dintre care una specifică este adaosul de substanţe chimice pentru a mări scara timpului de sedimentare. De asemenea, se fac experienţe preliminare în vederea unei astfel de dimensionări a modelului, încît să corespundă cu natura caracteristicilor de bază ale fenomenelor [7].

II. Aplicaţii practice. A. *Colmatarea lacurilor de acumulare.* Pentru proiectantul uzinei hidroelectrice această problemă deosebit de importantă se pune sub următoarele trei aspecte :

a) darea prognozei asupra intervalului de timp în care se va produce colmatarea în vederea calculelor tehnico-ecomonice. Se cunosc cazuri

de uzine cu lacuri mari de acumulare care — din cauza colmatării — vor ajunge în cîteva zeci de ani să funcţioneze pe firul apei, micşorîndu-şi producţia de energie electrică şi scumpind preţul kWh;

b) indicarea măsurilor preventive de combatere a eroziunii în bazinul respectiv;

c) indicarea măsurilor de exploatare şi proiectare a uvrajelor hidrotehnice, *astfel încît să fie cît mai mult prelungită viaţa lacului de acumulare.*

Prima problemă are deocamdată un caracter mai mult hidrologic şi se rezolvă pe baza unei

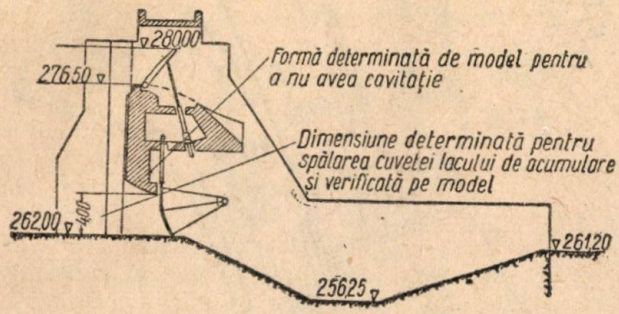


Fig. 3. Secţiune printr-un baraj, ale cărui vane de fund au fost proiectate pe baza studiului pe model al colmatării lacului.

corelaţii între debitul solid şi cel lichid. A doua problemă constă în recomandarea unor anumite împăduriri şi regularizări de torenţi. Încercările pe model nu contribuie în prezent decît la rezolvarea problemei a treia.

Pentru a prelungi cît mai mult viaţa rezervorului, este recomandabil să se studieze pe model procedeele de evacuare ale debitului solid de fund şi — pe cît posibil — şi ale celui în suspensie. La barajele cu stăvilare, debitul solid de fund poate fi evacuat printr-o exploatare judicioasă şi anume manevrînd vanele astfel încît să se facă spălări ale cuvetei lacului la nivele joase şi cu viteză mare. În practică la uzinele hidroelectrice, asemenea spălări se pot face în perioada în care au loc reparaţii la centrală sau cînd consumul de energie electrică este scăzut. Totuşi de multe ori aceste spălări reprezintă pierderi de energie electrică şi trebuie făcut în exploatare un compromis între satisfacerea cerinţelor de energie şi luarea măsurilor împotriva împotmolirii. În subparagraful următor, se va arăta în ce măsură pot contribui încercările pe model la spălarea unei porţiuni limitate dinaintea prizei. De mare însemnătate este însă şi studiul spălării întregii cuvete a lacului şi determinarea capacităţii golirilor barajului, astfel încît spălarea să se facă în cît mai bune condiţii. Metoda constă în construirea unui model a porţiunii de rîu afectată de remu şi în determinarea — pentru mai multe mărimi ale golirilor de fund — a procentului de aluviuni evacuat prin spălări de o anumită durată. Un astfel de studiu [10] a fost făcut pentru barajul de pe rîul Vah, arătat în fig. 3, pentru care s-a construit modelul lacului în lungime de circa 15 km. S-a constatat că — pentru mărimea prevăzută iniţial în proiect pentru vanele de fund — nu se realiza decît o spălare neînsemnată a fundului lacului, şi s-a determinat cu cît trebuie mărite aceste vane. Pe acest model, s-au stabilit de asemenea punctele în care se vor produce viitoarele depuneri, posibilitatea de influenţare asupra amplasării acestora prin diferite manevre ale vanelor şi s-au făcut recomandări asupra modului în care să se facă spălările în funcţie de planul de exploatare al hidrocentralei arătîndu-se pierderile de energie corespunzătoare. În fine, pe acelaşi model s-a determinat regularizarea unui sector lung de circa 1 km în amonte de baraj, astfel încît la ape mari să se realizeze în această porţiune viteze tot atît de mari ca şi cele din situaţia fără baraj. S-a mai putut determina curba de remu pentru diferite debite, înălţimea unor diguri de protecţie a unor aşezări omeneşti, precum şi a face unele previziuni asupra regimului gheţurilor.

În ceea ce priveşte evacuarea debitului solid în suspensie, se dă în ultimul timp importanţă cercetării în natură şi pe model a curenţilor de densitate. Studiul mai multor lacuri naturale şi artificiale arată că atunci, cînd apa saturată de aluviuni în suspensie pătrunde în lac, curentul de apă turbure de densitate mai mare înaintează pe o anumită lungime şi apoi se întoarce spre fund, curgînd înspre baraj, *fără a se amesteca cu apa curată a lacului.* S-au constatat cazuri, cînd aceşti curenţi de densitate au parcurs — în acest fel — pe fundul lacului distanţe de peste 100 km, fenomenul fiind analog cu acela al curenţilor maritimi, care îşi păstrează individualitatea datorită unei diferenţe de salinitate.

Stăpînirea acestui fenomen prezintă un mare interes practic, întrucît permite amplasarea şi dimensionarea golirilor de fund ale marilor baraje, în aşa fel încît curentul de densitate să fie trecut direct în bieful aval, mărindu-se astfel considerabil procentul debitului solid evacuat. Studiul în laborator al acestui fenomen a arătat că — în acest scop — golirea de fund trebuie să fie aşezată la o anumită înălţime denumită înălţime de sugere deasupra curentului de densitate (fig. 4). Pe modele schematice, s-a con-

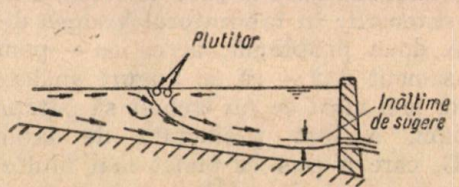


Fig. 4. Evacuarea debitului solid sub forma unui curent de densitate.

statat că această înălţime de sugere este proporţională cu debitul evacuat la puterea $^2/_3$ şi invers proporţională cu rădăcina a treia a diferenţei de densitate a celor două strate. În diferite laboratoare mari, se studiază astăzi fenomenul în cazul mai multor curenţi cu densitate diferită, însă această problemă care a fost atacată şi pe

cale matematică este încă destul de departe de a avea o rezolvare satisfăcătoare.

B. *Prize.* Dispoziţia generală şi detaliile constructive ale prizelor joacă un rol important în irigaţii, captări de apă industrială şi uzine hidroelectrice. La cele din urmă, s-a constatat că — datorită nisipului antrenat în aducţiune — se produce uzura accentuată a paletelor, în special la turbinele Pelton sau la cele Francis lente. Se cunosc cazuri, unde — din cauza uzurii — după 16—24 luni de funcţionare, s-a constatat o scoborîre a randamentului acestora cu 20% şi chiar mai mult. In aceste cazuri, s-au produs pierderi de energie şi din cauza întreruperilor în funcţionarea centralei, necesare reparării continue sau înlocuirii paletelor. Proasta funcţionare a prizelor de apă de răcire are ca urmare greutăţi în prepararea apei cu calitatea cerută de o bună funcţionare a cazanelor cu aburi. In ceea ce priveşte canalele de irigaţie, experienţa Uniunii Sovietice arată că cele mai mari greutăţi le produce împotmolirea cauzată de aluviuni. In 1936, pentru curăţirea canalelor de irigaţii din întreaga U.R.S.S. a fost necesar să se extragă peste 65 milioane m^3 de aluviuni, iar unele canale a trebuit să fie refăcute în întregime. Astfel de cifre, precum şi numeroase exemple din literatura sovietică arată importanţa pe care o are proiectarea corectă a prizelor. Un exemplu caracteristic în această privinţă este arătat în literatura sovietică, unde se poate vedea cum — în decursul a cîţiva ani—datorită împotmolirii prizei unui canal de irigaţie, cota fundului rîului s-a ridicat în dreptul acesteia cu peste 5 m, formîndu-se de asemenea în faţa prizei un banc de aluviuni, care a îndepărtat axa dinamică a rîului de aceasta [8]. Exploatarea s-a putut continua numai datorită adaptării pe bază de încercări de laborator şi experienţe în natură a unei construcţii de îndreptare sistem Potapov, care a dat din nou firelor de curent o direcţie favorabilă şi a împiedicat împotmolirea completă.

Inafară de utilizarea circulaţiei transversale prin sistemele de îndreptare de tip Potapov, hidraulica sovietică a adus şi alte contribuţii la îmbunătăţirea prizelor. O primă problemă care se pune, aceea a amplasamentului prizei şi unghiului sub care se face devierea, a fost studiată sistematic în laboratorul Vodgeo de Ofiţerov. A doua problemă, aceea ca — pentru un amplasament dat — să se asigure spălarea aluviunilor mai mari ce nu trebuie să pătrundă în aducţiuni, a fost prelucrată de laboratorul VNIIG, care a pus la punct mai multe tipuri de prize (cu canal de splălare curb, cu 2 aducţiuni pe ambele maluri, cu priza prin pile etc.). Rezultatul succeselor obţinute în studiul de laborator al prizelor de către hidraulicienii sovietici îl constituie alcătuirea normelor tehnice de proiectare şi calcul al prizelor de către VNIIG (Kumin şi Levi). Aceste norme permit proiectarea justă a unei serii de elemente, însă — datorită variaţiei condiţiilor locale specifice fiecărei lucrări — încercările pe model pot aduce noi îmbunătăţiri. In fig. 5, se arată priza unei centrale hidroelectrice, pentru care s-au folosit toate resursele hidraulicei experimentale, făcîndu-se încercări pe două modele la scări diferite, cu o

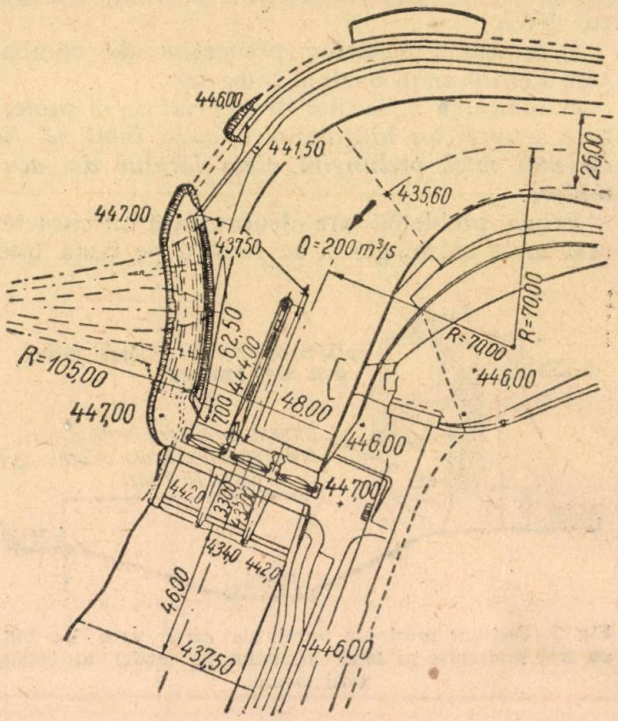


Fig. 5. Dispoziţia captării unei centrale hidroelectrice, aşa cum a rezultat în urma studiului pe model al formei prizei şi exploatării.

bună concordanţă a rezultatelor [10]. In această figură, se poate observa modul în care s-a regularizat porţiunea din amonte de captare, precum şi amplasarea avantajoasă la malul concav al curbei rîului. Cîmpul între priză şi pila prelungită din stînga primului cîmp al stăvilarului are o formă de trompă, în care vitezele se măresc treptat, pe măsura apropierii de vana de spălare. Priza are atît în plan, cît şi în secţiune forme avantajoase hidrodinamice, ce împiedică contracţia şi formarea unor vîrtejuri ce ar putea antrena aluviunile. Pragul stăvilarului nu este ridicat peste nivelul amonte al fundului rîului, porţiunea dintre priză şi prelungirea pilei din faţa prizei este acoperită de un radier, iar pragul prizei este curbat, atît în plan, cît şi în secţiune, fiind prevăzut cu canale de spălare, studiate pe un model special. Incercările pe model au arătat că — pentru această dispoziţie — se poate evita antrenarea aluviunilor, folosind următorul principiu în exploatare: apele mari transportînd un debit solid important, sînt evacuate prin cele două deschideri din stînga ale stăvilarului. In acest fel, se formează — în mod artificial — în faţa pilei prelungite şi a prizei, un curent pronunţat, concav şi o pantă transversală a oglinzii apei înspre malul opus prizei. Aceasta are drept efect nu numai că se evită depuneri în faţa pragului, dar se produce şi spălarea acestuia. La debite mai mici, se închid vanele din cîmpul *2* şi *3* şi se deschide

vana din cîmpul *1*, producîndu-se — datorită formei speciale, treptat îngustate dintre peretele prelungit al pilei şi priză — o spălare intensă a porţiunii din faţa acesteia.

In C.S.R., pentru hidrocentralele din amenajarea rîului Vah, s-a găsit — prin încercările pe model — un tip foarte avantajos de priză, la

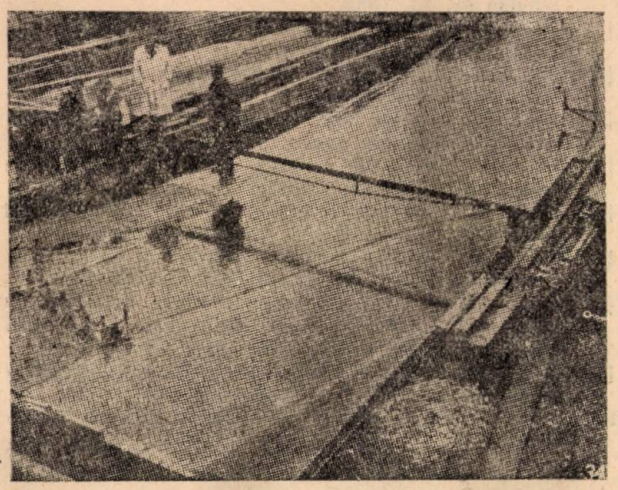


Fig. 6. Modelul captării şi prizei unei uzini hidroelectrice din amenajarea rîului Vah.

care se creează printr-un sistem de dinţi special studiat, vîrtejuri care gonesc aluviunile din partea prizei. Acest sistem eficace pentru aluviuni mari, a permis să nu se mai construiască un denisipator special (centralele respective sînt prevăzute cu turbine Kaplan [10], (fig. 6).

Spaţiul limitat ne obligă ca — în privinţa încercărilor pe modele a denisipatoarelor — să amintim numai de faptul că laboratoarele hidraulice au permis punerea la punct a unor sisteme simple şi eficace, cum ar fi denisipatoare care au pe fund în loc de palete orificii de formă specială, denisipatoare care au pe fund unul sau mai multe tuburi înclinate, producînd sugerea aluviunilor prin vortex [7].

C. *Porturi şi regularizări fluviale.* Articolul citat mai sus al ing. I. Savu şi C. Burghelea [1], conţine exemple suficient de elocvente asupra necesităţii lucrărilor de regularizare, pentru ca să nu mai fie necesar să dăm date suplimentare asupra importanţei acestei probleme. Ne vom limita la prezentarea unui exemplu caracteristic asupra contribuţiei, pe care o pot avea încercările pe model şi în această direcţie.

La un mare port fluvial, se cheltuiau anual sume importante pentru dragajele necesare împiedicării împotmolirii portului de iarnă. Această împotmolire se producea, întrucît curentul de apă care trecea pe la intrarea în bazinul de iarnă se desfăcea în două componente, dintre care una era îndreptată înspre aval, iar a doua înspre intrarea în bazin. Acest al doilea curent, întîlnind apa liniştită din bazin, depunea debitul solid. De asemenea, în canalul scurt dintre cursul fluviului şi bazin se produceau numeroase vîrtejuri ce îngreunau navigaţia. Construindu-se un model deformat al acestui sector fluvial, fenomenele descrise mai sus s-au reprodus întocmai. S-a văzut că nu se poate obţine o îmbunătăţire decît prin modificarea formei intrării în portul de iarnă, obţinîndu-se — după un număr mare de alternative studiate — soluţia optimă din fig. 7, în care s-a construit un mol în partea dreaptă a intrării. Prin această soluţie, relativ simplă, s-a înlăturat desfacerea firelor de curent şi, ca atare, împotmolirea portului. Mai dificile sînt problemele de regularizări în care se caută pe model amplasarea, direcţia şi lungimea optimă a epiurilor. Se ştie că, de multe ori, aceste construcţii produc eroziuni adînci şi au taluze foarte înclinate. Din cauza deformării scării adîncimilor, taluzele eroziunii corespunzătoare de pe model ar ajunge să aibă o pantă mai mare decît a taluzului natural sub apă, ceea ce este imposibil. Din această cauză, chiar dacă eroziunea de pe model are adîncimea corect reprezentată, ea va ocupa o suprafaţă mult mai mare decît în natură, îngreunîndu-se astfel obţinerea imaginii reale a modificării formei albiei. O altă dificultate constă în aceea că — din cauza deformării scării verticale — se modifică debitul scurs peste construcţiile submersibile şi, ca atare, şi fenomenele de depunere şi eroziune, ceea ce necesită uneori adoptarea unei noi scări pentru dimensiunile epiurilor.

Cu toate acestea, ţinînd seama de principiile arătate în paragraful I, se pot determina pe model

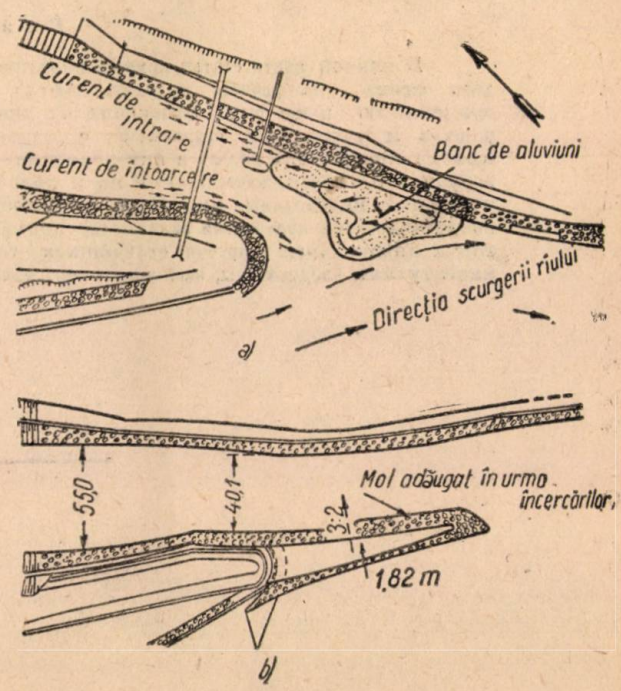


Fig. 7. Modificarea intrării într-un port de iarnă, pentru a înlătura împotmolirea.

poziţiile optime şi înclinările epiurilor şi digurilor. Prin aceasta, se realizează mari economii faţă de metoda pur empirică de construire şi desfacere a acestor construcţii, pe baza observaţiei comportării lor în timp mai îndelungat. Pentru exemple, trimitem cititorii la literatura sovietică,

care arată existența unei bune concordanțe dîntre rezultatele obținute pe model și constatările în natură [3,4].

Concluzii. In stadiul actual al tehnicii încercărilor pe model, laboratoarele hidraulice au atacat și contribuie cu succes la rezolvarea majorității problemelor puse inginerului hidrotehnic, în lupta împotriva aluviunilor. Trăsătura principală a acestor cercetări este greutatea de a realiza similitudinea dinamică a fenomenelor. Aceasta nu micșorează valoarea lor, însă impune un volum mai mare de studii preliminare și cere ca proiectarea, exploatarea și interpretarea rezultatelor modelelor să se facă cu deosebită atenție.

Așa cum reiese din exemplele arătate, laboratoarele noastre hidraulice pot aduce mari economii, atît prin îmbunătățirea construcțiilor existente, cît și prin studiul lucrărilor în curs de proiectare. Este de asemenea necesar să se facă o planificare de durată mai lungă a cercetărilor pe modele de rîuri, pentru a se putea aduna din timp cît mai multe date hidrologice din sectoarele interesate, în vederea obținerii unor rezultate cît mai sigure și cu caracter cantitativ.

Bibliografie

[1] *Burghele C.* și *Savu I.*: Constatări practice relative la amplasamentul porturilor noastre dunărene, Hidrotehnika nr. 12, 1952.

[2] *Constantinescu M.* și *Goldstein M.*: Despre debitul solid, Hidrotehnica nr. 2. 1954.

[3] Gidravlicescoe Modelirovanie, Gosenergoizdat, Moscova Leningrad, 1947.

[4] *Izbaș C. V.*: Osnovi laboratorno-opitnovo de la v gidrotehnica, Leningrad, 1938.

[5] *Mateescu C.*: Studiile preliminare pentru planurile de amenajare complexă. Hidrotehnica nr. 12, 1953.

[6] *Novak P.*: Mechanika podobnost v. hydrodynamice pri pokusech s modely ricnich trati, Praha. 1951

[7] *Pantelopulos Ian.*: Nieckolko poznamok o unesant jemnych splavenin vodov, Bratislava, 1952.

[8] *Potapov M. V.*: Isledovania po borbe s nanosami na irigaționoi sisteme metodom iskustvenoi poperecnoi țirculații-Socinenia, vol. I, Moscova, 1950.

[9] *Zegjda A. P.*: Teoria podobia i metodika rasciota gidrotehniceskih model, Leningrad, 1938.

[10] *Cabelka Jaroslav*: Vtoky vodnich electrarni, Bratislava, 1950.

★

ВОПРОС О МОДЕЛИРОВАНИИ ТВЕРДОГО СТОКА И ЕГО ПРАКТИЧЕСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ

Р е з ю м е

В первой части статьи кратко излагаются современные методы моделирования твердого стока на речных моделях. Автор показывает причины которые привели к применению некоторых отклонений от динамического подобия. Подчеркиваются преимущества и недостатки связанные с главными отклонениями, некоторые возможные ошибки при расчете модели и интерпретации результатов. Указывается актуальная тенденция получить не только качественные но и количественные результаты и описываются предварительные необходимые разработки для достижения этой цели. Во второй части статьи представляются критически различные применения указанных методов при решении некоторых аналогичных вопросов стоящихся теперь перед некоторыми нашими проектными институтами (водозаборы, заполнение озер, гаваней и т. д.).

UNELE PROBLEME ALE DEZVOLTĂRII ŞTIINŢEI HIDROLOGICE ÎN R.P.R

Ing. SORIN DUMITRESCU

In articol, după ce face un scurt istoric, autorul tratează cîteva dintre problemele actuale privind dezvoltarea ştiinţei hidrologice în R.P.R. şi atrage atenţia asupra lipsurilor existente în acest domeniu.

Hidrologia este o ştiinţă relativ nouă, o ştiinţă a secolului nostru. Aceasta, desigur, nu înseamnă că orice fel de cercetări asupra apelor au apărut numai în zilele noastre. Se ştie, astfel, că încă acum 4000 de ani, vechii egipteni organizasesă un sistem de observaţii asupra nivelului apelor Nilului, lucru explicabil prin importanţa unică ce o are Nilul pentru irigarea regiunilor riverane lipsite de apă. Asemenea observaţii s-au mai făcut şi în alte regiuni ale globului înainte de era noastră, ele dezvoltîndu-se apoi în decursul istoriei. Toate cercetările hidrologice din trecut erau însă subordonate nevoilor înguste ale anumitor ramuri ale hidrotehnicii (transportul pe apă, irigaţiile) şi aveau mai ales un caracter de exploatare. Desprinderea hidrologiei ca o ştiinţă de sine stătătoare s-a produs abia în cursul ultimilor trei-patru decenii, ca urmare a dezvoltării folosinţelor de apă şi a concepţiei ce stă la baza acestora. Este uşor de înţeles că ştiinţa hidrologică s-a dezvoltat înaceastă perioadă cu deosebire în Uniunea Sovietică, unde, în urma victoriei Marii Revoluţii Socialiste din Octombrie, a apărut necesitatea folosirii complexe a resurselor de apă în interesul întregii economii naţionale.

Şi în ţara noastră se poate urmări procesul de dezvoltare a observaţiilor şi a studiilor hidrologice, în legătură cu caracterul orînduirilor sociale ce s-au perindat în decursul istoriei pe teritoriul R.P.R. şi în funcţie de cerinţele concrete ale economiei ce stau la baza acestor orînduiri. Primele măsurători sistematice asupra regimului apelor noastre datează de mai bine de 100 de ani şi ele au apărut, cum era şi firesc, în legătură cu problema navigaţiei pe Dunăre. Dintre posturile hidrometrice existente, cel mai vechi este cel de la Orşova, înfiinţat în anul 1838. Urmează apoi posturile Drencova (1854), Galaţi (1873), Baziaş (1874), Brăila (1874) etc.

Paralel cu dezvoltarea posturilor pe Dunăre, au început să ia fiinţă o serie de mire hidrometrice pe apele noastre în legătură cu folosirea acestora pentru nevoile agriculturii şi, uneori, pentru transportul pe apă. Astfel, au apărut — pe rînd, posturile Radna (1853), Săvîrşin (1859) şi Arad (1861) pe Mureş, Sighet (1868) pe Tisa şi Satu-Mare (1868) pe Someş, o serie de posturi pe Bega (1856—1859) etc. Pe teritoriul Romîniei de dinainte de 1918, exceptînd mirele de pe Dunăre, posturile hidrometrice pe rîuri sînt de dată mai recentă. După unele informaţii, primele mire au fost înfiinţate aici în 1908. Date precise avem din 1914, cînd s-au înfiinţat posturi pe Jiu (Podari), Olt (Slatina), Argeş (Budeşti,) Ialomiţa (Coşereni), Siret (Răcătău).

După cum se vede, observaţii sistematice asupra regimului apelor noastre au fost pentru prima oară organizate în regiunile mai dezvoltate din punct de vedere economic, şi anume pe teritoriul Ardealului, aflat sub dominaţia austro-ungară. Posturile hidrometrice au fost create pe anumite rîuri, pentru a deservi exploatarea acestor rîuri pentru transporturi pe apă şi irigaţii. Aceste ramuri, în faza iniţială, fiind interesate exclusiv în cunoaşterea variaţiei nivelului apei, este pe deplin explicabil de ce s-a pus accent în acea vreme tocmai pe observaţiile asupra acestui element (nivelul).

Pe măsura dezvoltării capitalismului în Romînia, au apărut noi ramuri economice legate de folosirea apelor. Printre acestea se numără şi energia electrică. Elementul nou pe care-l aduce în studiul apelor această ramură este acela că hidroenergetica este cu deosebire interesată în cunoaşterea cantităţilor de apă ce se scurg pe rîuri, adică a debitelor şi a variaţiei lor în timp. Ca urmare, odată cu lărgirea numărului de posturi ce făceau observaţii asupra nivelului apei, au început şi primele măsurători de debite. Slaba preocupare din acea vreme pentru problema folosirii apelor în vederea producerii de energie electrică, a determinat însă caracterul sporadic al puţinelor măsurători de debit efectuate în trecut în ţara noastră.

Intre cele două războaie mondiale, asistăm întîi la o dezvoltare ascendentă a reţelei de posturi şi a măsurătorilor, în perioada stabilizării relative a capitalismului în Romînia. Ulterior, pe măsura ascuţirii crizei economice, interesul pentru cercetarea apelor scade. Numărul mirelor se reduce masiv în 1933. Măsurările de debite efectuate de Direcţia apelor se răresc, şi apoi dispar cu totul. Astfel, în perioada 1927—1931, s-au efectuat 208 măsurători de debite; în 1932—1933—numai 31 iar după 1933—niciuna.

In anii de după război, reţeaua hidrometrică, dezorganizată în timpul războiului, a început să fie treptat refăcută, într-un ritm însă destul de lent. Instaurarea şi consolidarea regimului de demo-

craţie populară a dat un nou avînt întregii economii, ceea ce s-a răsfrînt şi în domeniul hidrologiei, unde moşteniserăm o situaţie jalnică. La sfîrşitul anului 1948, reţeaua hidrometrică cuprindea un număr de 242 de posturi, funcţionînd în cea mai mare parte în condiţii nesatisfăcătoare. Ca şi în trecut, întreaga atenţie era concentrată asupra măsurării nivelelor. In perioada 1944—1948, prin organizaţiile centrale s-au efectul în total numai 105 măsurători de debite (dintre care, doar 4 de către Direcţia apelor). Incepînd cu anul 1949, primul an de economie planificată, ritmul de dezvoltare al observaţiilor, al măsurătorilor şi al studiilor hidrologice s-a accelerat simţitor. Dacă în trecut folosirea incompletă a apei pentru transporturi, irigaţii, alimentări cu apă, ca şi construcţiile de drumuri şi poduri, nu cereau decît cunoaşterea variaţiei nivelului, funcţie de anumite nivele caracteristice pentru folosinţele respective, acum problema începe să se pună în alt mod. Economia socialistă priveşte apele din punctul de vedere al utilizării lor complexe, al repartizării raţionale a resurselor de apă pentru fiecare folosinţă.

De asemenea, dacă în trecut observaţiile hidrometrice deservau mai ales nevoile de exploatare, acum ele trebuie să deservească, în primul rînd, nevoile proiectării.

In asemenea condiţii, apare pe primul plan necesitatea cunoaşterii debitelor de apă şi, totodată, necesitatea lărgirii complexului de observaţii şi măsurători hidrometrice.

Pe această linie, un important rol pozitiv l-a jucat pentru dezvoltarea hidrologiei în ţara noastră în perioada 1949—1951, Institutul de studii şiproiectări al Ministerului Energiei Electrice. Înfiinţîndu-şi o reţea proprie de posturi hidrometrice în sectoarele unde erau proiectate centrale hidroelectrice, I.S.P.E. a efectuat un număr relativ mare de măsurători de debite şi a introdus metode noi în studiile hidrologice, într-o vreme cînd celelalte organizaţii şi, în primul rînd, Direcţia apelor lucrau în ritmul vechi.

O nouă etapă în dezvoltarea hidrologiei în ţara noastră a început în anul 1952, odată cu crearea în cadrul Direcţiunii generale hidrometeorologice, a Sectorului hidrologic, ca o unitate de sine stătătoare, în a cărui sarcină cade studiul multilateral al resurselor de apă de pe teritoriul R.P.R. şi al regimului lor. Prin aceasta se formează şi în ţara noastră concepţia justă asupra hidrologiei, ca o ştiinţă proprie, a cărei sferă cuprinde totalitatea proceselor fizice ce se produc în apele de la suprafaţa globului, ştiinţă care oferă datele de bază pentru diferitele folosinţe de apă, dar care nu poate fi subordonată acestora. Aici trebuie subliniat ajutorul nepreţuit primit la începutul anului 1952 din partea hidrologului sovietic A.M. Norvatov, care — în timpul şederii sale în ţara noastră — ,a arătat principiile ce trebuie avute în vedere şi măsurile de urmat pentru ridicarea hidrologiei în R.P.R.pe o treaptă superioară, corespunzătoare dezvoltării economiei naţionale.

Cu toate realizările obţinute în ultimii ani în domeniul hidrologiei, gradul actual de studiu al apelor noastre este cu totul necorespunzător şi nu poate satisface nevoile practicii. In mod normal, studiul hidrologic trebuie să meargă cu un pas înaintea proiectării hidrotehnice. La noi, s-a întîmplat invers : avîntul proiectării hidrotehnice şi, în general, cerinţele economiei naţionale sînt stînjenite de faptul că datele hidrologice existente sînt incomplete şi nesigure, ele nepermiţînd, de cele mai multe ori, o evaluare cît de cît precisă a resurselor de apă şi o cunoşterea justă a caracteristicilor regimului lor hidrologic.

Pentru a asigura o creştere rapidă în acest domeniu, este necesar să se fixeze căile cele mai potrivite de dezvoltare a ştiinţei hidrologice în R.P.R. în etapa actuală.

1. Vreme îndelungată s-a crezut că hidrologia poate răspunde la orice fel de probleme, chiar în lipsa unor observaţii şi măsurători directe, cu ajutorul unor formule empirice, care permit calculul elementelor caracteristice fără multă dificultate. Astfel, s-au bucurat de mare încredere în rîndul oamenilor de ştiinţă şi al tehnicienilor care s-au ocupat la noi în ţară de problemele apelor, formule ca acelea ale lui Keller-Iskowski (pentru determinarea debitelor medii, minime şi maxime), Vermeulen (debite medii) etc., formule deduse de autorii lor pentru regiunile respective în care şi-au efectuat studiile, pe baza unui material mai mult sau mai puţin concludent. Autoritatea acestor formule era atît de mare, încît anumiţi cercetători aveau mai multă încredere în aceste formule, decît în datele măsurătorilor directe. Formulele empirice reprezintă o etapă necesară în hidrologie, care, trebuind să studieze procese condiţionate de o infinitate de factori, caută să pună în evidenţă numai cîţiva dintre aceştia, stabilind o anumită relaţie de calcul. Ceea ce trebuie însă în permanenţă avut în vedere la folosirea acestor formule este faptul că relaţiile respective reprezintă o aproximaţie destul de grosolană, care poate oferi doar date orientative, iar valabilitatea formulelor nu poate fi extinsă dincolo de teritoriul pentru care au fost deduse şi dincolo de amplitudinea în care au existat date directe. Acest lucru rezultă din însăşi examinarea structurii formulelor amintite, care este vădit necorespunzătoare.

Să luăm, de exemplu, formulele de tip Keller-Iskowski, care leagă scurgerea medie de precipitaţii. Structura acestor formule este :

$$y = ax + b,$$

în care :

y este scurgerea medie anuală ;
x — înălţimea medie a precipitaţiilor anuale ;
a şi b — parametrii ce ţin seamă de natura teritoriului.

Să considerăm totodată ecuaţia bilanţului apei, care, după cum se ştie, se scrie — pentru o perioadă îndelungată — sub forma :

$$x = y + z,$$

în care z reprezintă valoarea medie a evaporației anuale.

Ținînd seamă și de relația precedentă, se poate scrie:

$$z = x - y = x - (ax + b) = f(x).$$

Din această expresie, rezultă că evaporația la suprafața unui bazin este determinată doar de cantitatea medie de precipitații, ceea ce, desigur, nu corespunde realității.

In alte cazuri, formulele sînt cu desăvîrșire false, ele neconținînd factorii care acționează în realitate. Ca un exemplu, se poate cita formula Iskowski pentru debitele maxime:

$$Q_{max} = \alpha\, ab\, SH,$$

în care:

H este înălțimea medie a precipitațiilor anuale;
S — suprafața bazinului;
a și b — parametri ce variază în funcție de mărimea bazinului și relief;
α — un coeficient dimensional de trecere.

Prezența în această formulă a termenului H, care indică înalțimea medie a precipitațiilor anuale și nu intensitatea maximă a ploilor torențiale sau a topirii zăpezii, nesocotește cu totul geneza reală a fenomenului. Asemenea formule mai sînt încă recomandate și în unele cărți apărute la noi (vezi de ex. manualul „Hidroenergetica generală" de prof. Dr. Dorin Pavel, 1951).

In ultimii ani, formulele empirice, și-au pierdut mult din popularitate. Totuși, încă astăzi ele mai sînt folosite într-o serie de studii hidrologice. Alături de vechile formule, putem acum întîlni și o serie de formule empirice deduse de cercetătorii sovietici pentru diferite regiuni ale U.R.S.S. (formula Antonov pentru debite minime, Velikanov-Sokolovski pentru determinarea coeficientului de scurgere în funcție de deficitul de umiditate, formula Sokolovski pentru determinarea coeficientului de variație, graficele Cuzin pentru determinarea evaporației etc.). Deși aceste formule au, în general, o structură mai justă, oglindind mai bine fenomenul real, totuși folosirea necritică a acestor formule pentru teritoriul țării noastre, este la fel de greșită. Necorect din punct de vedere metodologic este și procedeul de determinare, pentru teritoriul R.P.R., a valorilor parametrilor ce intră în formulele sovietice, prin „răsturnarea" formulelor, adică prin aplicarea lor la puncte unde se dispune de suficiente date directe, fără a se analiza însăși structura acestor formule. O altă greșală metodologică ce se întîlnește în mod curent în unele studii este aceea că, pentru determinarea unui anumit element, se aplică mai multe formule deosebite, considerîndu-se apoi valabilă valoarea medie a rezultatelor obținute.

2. Datele privind debitele rîurilor noastre se caracterizează prin existența, pentru ultimii ani, a anumitor prelucrări într-o serie de puncte, însă prin lipsa aproape totală a măsurătorilor în trecut. Este deci, firească preocuparea cercetătorilor pentru extinderea prelucrărilor pe trecut și pentru determinarea unor valori prin analogie cu punctele cunoscute.

O primă problemă se referă la folosirea cheilor limnimetrice stabilite pentru ultimii ani, pentru calculul debitelor din perioade mai vechi, cînd la postul respectiv s-au făcut numai observații de nivel. Preocuparea pentru valorificarea observațiilor mai vechi de nivele este pe deplin justificată. Asemenea operații trebuie însă făcute cu multă băgare de seamă. Pentru majoritatea rîurilor noastre, cu albii deformabile, extinderea cheilor limnimetrice pe trecut poate duce la erori foarte mari. Cu toate acestea, în studiile hidrologice se întîlnesc adesea cazuri cînd, în mod necritic, o anumită cheie limnimetrică trasată pe baza măsurătorilor de debite dintr-un anumit an, cheie care nu prezintă deplină siguranță nici măcar pentru anul respectiv (fiind de multe ori extrapolată pe mai mult decît 50% din amplitudinea maximă a nivelelor), este considerată valabilă pentru perioada de 10—20 de ani, deși aceasta nu corespunde nici pe de parte realității. Asemenea procedee de prelucrare a materialului hidrometric nu pot fi, desigur, considerate științifice și nu produc decît confuzii.

O altă metodă folosită pentru reconstituirea debitelor medii anuale din trecut constă în corelarea valorilor scurgerii anuale cu cantitatea anuală de precipitații. Intre aceste două elemente, există în mod indiscutabil o legătură strînsă. Această legătură nu are însă aspectul unei relații matematice și se realizează printr-o serie de abateri, într-un sens sau altul, datorită influenței altor factori diferiți. De aceea, metoda trebuie aplicată cu grijă și rezultatele obținute pentru debitele medii din fiecare an sînt susceptibile de erori mari.

In cazul cînd pe un rîu (sau pe un sector de rîu) nu se dispune de nici un fel de date hidrometrice, se pot totuși evalua elementele hidrologice caracteristice de pe acel rîu (sau sector de rîu), folosind metoda analogiei hidrologice, în mod nejust denumită de anumiți autori metoda similitudinei hidrografice. Analogia hidrologică, ce se bazează pe interdependența fenomenelor în natură, este prin esența ei o metodă de interpolare, prin care se evaluează anumite elemente necunoscute dintr-un bazin, în comparație cu alte elemente cunoscute din bazine situate în condiții asemănătoare. Termenul de „condiții asemănătoare" este vag și tocmai de aici pornesc multe greșeli în aplicarea metodei, care cere o cercetare atentă și multilaterală a tuturor factorilor ce influențează fenomenul considerat. De multe ori însă, în practică se neglijează tocmai factorii cei mai importanți (de exemplu, hidrogeologia bazinului în cazul debitelor minime). Ceea ce trebuie subliniat este că metoda analogiei este o metodă aproximativă de evaluare și nicidecum o metodă de cunoaștere. In mod greșit unii autori dau acestei metode un caracter de lege. Un exemplu tipic în această privință este tratarea problemei „similitudinii hidrografice" de către Prof. Dr. Dorin Pavel în manualul său „Hidroenergetica" (pag. 62). După acest manual, rezultă,

că s-arputea determina hidrograful debitelor zilnice în punctul nestudiat 2, pe baza datelor din punctul 1, folosindu-se formula $Q_2 = Q_1 \frac{\sigma_2 S_2 h_2}{\sigma_1 S_1 h_1}$, în care σ, S, h sînt, respectiv, coeficientul de scurgere (determinat ca medie a valorilor date de trei formule empirice), suprafaţa bazinului şi înălţimea precipitaţiilor medii pe bazin. Caracterul eronat al unor asemenea afirmaţii este evident.

O varietate a metodei de interpolare geografică este harta cu izolinii pentru scurgerea medie. O asemenea hartă a fost alcătuită în 1953 pentru întregul teritoriu al R.P.R., de către un colectiv din cadrul sectorului hidrologic D.G.H. Importanţa hărţii scurgerii ca o imagine a variaţiei scurgerii pe teritoriu funcţie de factorii fizico-geografici de bază, nu poate fi trecută cu vederea. Pe de altă parte, fără îndoială, harta scurgerii permite a se evalua., într-o primă aproximaţie, debitele medii din bazinele nestudiate, ceea ce de asemeni corespunde nevoilor practice. Se constată însă că unii tehnicieni acordă hărţii scurgerii o încredere exagerată, supraestimînd precizia datelor sale. Astfel, trebuie considerată nejustă tendinţa de a folosi harta pentru calculul debitelor medii în regiuni unde se dispune de suficiente date directe.

Vreau să subliniez aici că utilizarea metodelor indirecte în calculele hidrologice este pe deplin justificată, atunci cînd ea se face pe baze cu adevărat ştiinţifice ; ceea ce nu trebuie însă pierdut din vedere este faptul că folosirea metodelor indirecte nu înlocuieşte necesitatea datelor directe din măsurători, iar precizia acestor metode depinde, în primul rînd, de cantitatea şi de calitatea datelor hidrometrice de bază.

3. Dispunînd de un şir de date asupra unui element hidrologic — să luăm, de exemplu, cazul debitelor maxime anuale de pe un anumit rîu — se naşte în mod firesc problema de a şti în ce măsură aceste date sînt caracteristice pentru rîul respectiv la postul considerat. Astfel, în cazul menţionat, se pune problema de a şti în ce măsură debitele maxime înregistrate în fiecare dintre anii pentru care dispunem de date reprezintă valori medii sau extreme, adică a aprecia frecvenţa fiecărui debit examinat, posibilitatea de depăşire, mai rar sau mai des, a unei anumite valori (sau, cum se spune, asigurarea debitului respectiv). La această întrebare se poate răspunde prin cercetarea felului în care variază în timp elementul considerat. O asemenea cercetare ne arată că variaţia elementelor hidrologice este foarte complexă şi prezintă un caracter dezordonat, haotic. Putem oare interpreta acest lucru (aşa cum fac unii cercetători) în sensul că fenomenele hidrologice, ca şi celelalte fenomene din natură sînt fenomene întîmplătoare, haotice şi, ca atare, trebuie să renunţăm la orice încercare de a determina cauzele care generează aceste fenomene? Desigur că nu, dacă nu vrem să ne înfundăm în concepţii metafizice, încurcîndu-ne definitiv. Materialismul dialectic consideră că „dimpotrivă, orice fenomen poate fi înţeles şi explicat dacă este privit în legătura sa indisolubilă cu fenomenele înconjurătoare, dacă-l privim aşa cum este condiţionat de fenomenele care-l înconjoară", că „multiplele fenomene din univers sînt diferitele aspecte ale materiei în mişcare ; că înlănţuirea reciprocă şi condiţionarea reciprocă a fenomenelor, stabilite prin metoda dialectică, constituie legile necesare de dezvoltare ale materiei în mişcare, că lumea se dezvoltă după legile mişcării materiei"...(Stalin). In realitate, fenomenele hidrologice sînt generate de cauze obiective şi evoluează după legi proprii. Regimul apelor naturale depinde însă de un mare număr de factori : meteorologici, geografici, geologici etc. (iar fiecare dintre aceştia, la rîndul său, este determinat de o serie de alţi factori secundari), avînd acţiuni atît de complexe şi de contradictorii, încît rezultă de aici un anumit caracter de întîmplare.

Iată bazele obiective, care au determinat introducerea metodelor statisticii matematice în calculele hidrologice. Atît timp cît aceste metode sînt folosite în mod just, ştiinţific, şi nu se pierde din vedere caracterul real al fenomenelor la care se aplică, calculul statistico-matematic este justificat şi are în hidrologie aceeaşi valoarea ca şi alte metode matematice de prelucrare a datelor.

Pericolul provine însă de acolo că simplicitatea metodelor calculul statistic, caracterul lor mecanic au dus pe mulţi specialişti la concluzii greşite asupra perfecţiunii şi universalităţii acestor metode, la o falsă reprezentare a acestor metode ca mijloace de cercetare.

Decurge de aici existenţa în hidrologie a unei orientări caracterizate prin ignorarea vădită a factorilor de bază ce influenţează regimul scurgerii. Diversitatea naturală a rîurilor din natură cu caracteristicile lor concrete este înlocuită prin noţiunea unor rîuri idealizate, care — dacă ar fi să-i credem pe autorii respectivi, se supun unor anumite legi matematice universal valabile. Studiul genetic al fenomenelor este părăsit în favoarea unor speculaţii matematice, rupte de realitate, ducînd la empirism.

Asemenea cazuri se întîlnesc adesea în literatura noastră de specialitate ; pot fi citate ca exemplu în acest sens articolele „Metode de aplicare a teoriei frecventiste la calculul debitelor minime" de ing. Jean Boisnard (Hidrotehnica, nr.10/1952) şi „O metodă nouă de determinare a debitelor maxime" de ing. M. Goldstein şi ing. M. Constantinescu (Energetica, nr. 5/1953).

În primul dintre aceste articole, autorul considerînd că „Şirurile datelor hidrologice sînt o succesiune de fenomene întîmplătoare" şi pornind de la premiza că descreşterea debitelor în perioadele de secetă într-un punct al unui rîu urmează în general aceiaş lege de variaţie în timp ce poate fi asimilată cu o curbă analitică, crede că poate determina (în ciuda datelor hidrometrice foarte sărace în acest domeniu) debitele minime de asigurare dată după datele asupra numărului de zile de secetă cu asigurarea corespunzătoare.

In cel de al doilea articol, se preconizează formule de calcul care, în concepţia autorilor, ar permite atît calcularea debitelor maxime de diferite asigurări în funcţie de elementele

geometrice ale bazinului şi de intensitatea ploilor torenţiale (de asigurare corespunzătoare), cît şi determinarea formei hidrografului de viitură — toate acestea aplicabile „în cazurile inexistenţei observaţiilor şi măsurătorilor hidrometrice". Fără a mai vorbi de structura formulelor finale care este vădit necorespunzătoare şi neglijează geneza reală a fenomenului, menţionăm că din articol se desprind asemenea concluzii eronate ca de pildă aceea că durata hidrografului de viitură nu depinde decît de elementele geometrice ale bazinului, fiind deci independentă de pantă, vegetaţie etc., sau se enunţă asemenea „legi" după care suprafaţa oricărui hidrograf de viitură este totdeanua egală cu 1/4 din suprafaţa dreptunghiului circumscris.

Asupra greşelilor elementare cuprinse în ambele articole menţionate, cît şi asupra concepţiei neştiinţifice ce stă la baza lor, vom reveni aparte.

Calculul asigurărilor după metodele statisticei matematice prezintă o serie de inconveniente principiale.

Atunci cînd se precizează asigurarea unui fenomen hidrologic, se are în vedere *evoluţia viitoare* a acelui fenomen, pe baza prelucrării datelor privind evoluţia sa în trecut. Cînd spunem de exemplu că pe un anumit rîu într-un anume profil avem debitul $Q_{max} = 500$ m³/s cu asigurarea 1%, aceasta înseamnă că apreciem probabilitatea apariţiei pe viitor a acestui debit odată în 100 ani. Regimul natural al rîurilor, depinzînd de un complex de factori climatici geomorfologici, geologici, de vegetaţie etc. nu este însă invariabil, deoarece aceşti factori sub influenţa evoluţiei naturale cît şi mai ales datorită acţiunii omului, se modifică în timp, determinînd totodată prin aceasta, schimbarea regimului hidrologic. Prin simpla prelucrarea matematică a datelor, aceste schimbări nu pot fi luate însă în considerare. Sînt cunoscute catastrofele produse în S.U.A. în 1936, cînd s-au înregistrat debite maxime care, conform calculului statistic, corespundeau la asigurarea $1 : 10^6$. Aceste eşecuri se explică în bună măsură prin schimbările în regimul rîurilor survenite ca urmare a exploatării neraţionale a pădurilor şi degradării terenurilor. Problema modificării regimului de scurgere capătă o importanţă deoseaită în ţările cu economie socialistă, unde prin activitatea conştientă a oamenilor se realizează adevărate transformări ale naturii în folosul întregii societăţi.

Insăşi determinarea procentului de asigurare este în mare măsură convenţională, deoarece depinde în mod direct de perioada considerată. Acest lucru rezultă foarte clar din următorul exemplu : să presupunem că într-un acelaşi bazin există două posturi hidrometrice vecine la care s-au înregistrat concomitent, în timpul unei viituri excepţionale, cele mai mari debite din întreaga perioadă de observaţii. Să considerăm această perioadă ca fiind la un post de 24 ani iar la celălalt de 99 ani. Determinînd asigurarea acestor debite după formula cunoscută $p = \frac{m}{n+1} 100$ rezultă asigurările 4%, respectiv 1%. Vedem deci că o aceeaşi viitură este clasată în mod diferit (raportul 1 la 4), după perioada respectivă de observaţii.

Acest caracter convenţional, iar din punct de vedere matematic eroarea medie probabilă, se accentuează cu atît mai mult cu cît perioadele de observaţii sînt mai scurte.In condiţiile ţării noastre, unde în marea majoritate a cazurilor nu dispunem de date hidrometrice decît pentru ultimii ani, iar extinderile pe trecut prezintă incovenientele semnalate mai sus, folosirea calculului statistic pentru determinarea debitelor de anumite asigurări trebuie în general considerată ca fiind deadreptul neştiinţifică.

Iată de ce socotim că dezvoltarea hidrologiei în R.P.R. nu se poate face decît pe calea analizei genetice a fenomenelor hidrologice, pe calea dezvăluirii legilor obiective ce guvernează procesele circulaţiei apei în natură.

4. Veriga cea mai importantă în studierea regimului apelor o constituie observaţiile şi măsurătorile din reţeaua hidrologică.

Rezultatele acestor observaţii şi măsurători reprezintă punctul de plecare al tuturor studiilor ulterioare în vederea generalizării caracteristicilor regimului hidrologic şi elaborării metodicii de calcul şi prognoză, baza pentru întocmirea proiectelor şi schemelor de folosire a resurselor de apă. Este deci firească preocuparea pentru o justă orientare a activităţii reţelei hidrologice, pentru determinarea principiilor ştiinţifice de repartizare a posturilor hidrometrice pe teritoriu (problema reprezentativităţii reţelei) şi de fixare a programului şi metodicei obervaţiunilor la aceste posturi.

Există în general două concepţii asupra căilor de dezvoltare a reţelei hidrologice. O primă concepţie se reflectă în modul de dezvoltare a reţelei în ţările apusene, caracterizat prin tendinţa de satisfacere a cerinţelor practicii prin date directe hidrometrice, tendinţă care a dus la o creştere masivă a numărului posturilor hidrometrice. Practica a arătat că o creştere cantitativă rapidă a reţelei, pe lîngă dezavantajele ce decurg din considerente economice, nu contribuie în mod real la dezvoltarea ştiinţei, tocmai pentru că lasă pe planul al doilea analiza genetică a fenomenelor, explicarea ştiinţifică a cauzelor şi condiţiilor ce determină desfăşurarea proceselor hidrologice. O a doua concepţie este cea elaborată de hidrologii sovietici şi care considerînd creşterea numerică a reţelei necesară numai în măsura în care trebuie să asigure o bază trainică pentru generalizarea ştiinţifică a datelor, pune accent pe latura calitativă a creşterii, pe interpretarea ştiinţifică a datelor, adică pe conţinutul însăşi al hidrologiei. Aceasta este totodată concepţia care stă astăzi şi la baza dezvoltării hidrologiei în R.P.R.

Reţeaua hidrologică de bază din R.P.R. numără acum peste 480 posturi hidrometrice aflate în administraţia D.G.H. (nu intră aici reţelele auxiliare ale diferitelor instituţii unde se fac observaţii şi măsurători pentru nevoi de exploa-

tare sau pentru studii de detaliu în proiectare). Caracteristica actuală a reţelei este aceia că este suficient de dezvoltată, reflectă în general în mod just condiţiile naturale ale regimului apelor din R.P.R. (este reprezentativă), însă este insuficient înzestrată cu mijloace tehnice. Sarcinile imediate privind reţeaua hidrologică se referă în primul rînd la concentrarea asupra calităţii observaţiilor şi măsurătorilor, la perfecţionarea metodicii hidrometrice, dezvoltarea de noi observaţii (de exemplu asupra evaporaţiei) şi desăvîrşirea altora (măsurătorile asupra aluviunilor, analiza chimică etc.).

Cu toată importanţa hotărîtoare pe care o are reţeaua hidrologică în procesul de cunoaştere a regimului apelor, totuşi dezvoltarea contemporană a ştiinţei a arătat că datele reţelei sînt insuficiente pentru studierea în detaliu a proceselor hidrologice, pentru aprecierea justă a influenţei diferiţilor factori asupra acestor procese. Aceasta se explică prin aceea că datele unui post hidrometric reprezintă caracteristici cantitative globale ale întregului bazin de recepţie corespunzător acelui post, incluzînd influenţele unei mari diversităţi de factori şi fiind rezultatul unor procese complexe petrecute pe teritorii relativ întinse.

Tocmai acest lucru a determinat, cu deosebire în ultima vreme, dezvoltarea tot mai mare pe care au luat-o în hidrologie metodele experimentale de studiu. Avem aici în vedere atît experimentele realizate în condiţii proriu zise de laborator (de exemplu modelarea procesele hidraulice ce au loc în albia rîurilor) cît şi mai ales, cele realizate în condiţii naturale (analiza separată a fiecărei componente a bilanţului apei, studiul formări scurgerii etc.). Cercetările experimentale în hidrologie ne permit să pătrundem în adîncul fenomenelor, să înţelegem geneza lor şi rolul fiecărui factor izolat şi ca atare au o însemnătate deosebită în dezvoltarea ştiinţei. Importanţa trecerii de la observaţii pasive la experimentul activ apare şi mai evidentă în cazul ţării noastre unde dispunem de date hidrometrice puţine şi de scurtă durată.

De aceia considerăm oportun, ca paralel cu întărirea reţelei hirologice, şi mînă în mînă cu dezvoltarea metodelor genetice de studiere a fenomenelor să se ia de pe acum măsuri pentru crearea în R.P.R., după exemplul hidrologiei sovietice, a unor baze experimentale pentru studierea în detaliu a proceselor hidrologice.

In încheiere vrem să subliniem că articolul de faţă n-a încercat decît să atingă în treacăt cîteva din problemele mai principale ale dezvoltării ştiinţei hidrologice în R.P.R. Pentru o mai bună lămurire, este necesară o examinare amănunţită a fiecărei din aceste probleme în parte.

Articolul n-a avut drept scop — şi nici n-ar fi putut — să dea soluţii de-a-gata pentru toate chestiunile ce preocupă astăzi hidrologia noastră. Rezolvarea acestora trebuie să formeze obiectul cercetării ştiinţifice ulterioare. Am vrut însă să arătăm că o cercetare cu adevărat ştiinţifică nu poate rămîne în cadrul unor şabloane învechite, iar pentru a se asigura o dezvoltare corespunzătoare a hidrologiei în R.P.R. trebuie mai întîi combătute unele concepţii nejuste ce dăinuie încă la mulţi tehnicieni şi oameni de ştiinţă, trebuie renunţat la ideea că printr-o formulă sau alta, împrumutate dintr-o carte sau printr-o speculaţie matematică oarecare, se poate răspunde dintr-odată la multiplele întrebări ridicate de progresul ştiinţei şi impuse de practică.

Totodată este cazul să menţionăm că, deşi toată lumea este de acord asupra necesităţii unei dezvoltări rapide a hidrologiei, totuşi problemele specifice ale acestei ştiinţe sînt încă insuficient tratate în literatura noastră de specialitate. Pentru a asigura o orientare justă în ştiinţa hidrologică, socotim utilă discutarea pe larg, în publicaţiile ştiinţifice, a tuturor chestiunilor nerezolvate sau controversate, urmărind înlăturarea concepţiilor greşite şi a neajunsurilor din acest domeniu.

★

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ НАУКИ В Р. Н. Р.

Резюме

В статье, после краткой исторической справки, автор рассматривает некоторые актуальные вопросы касающиеся развития гидрологической науки в Р.Н.Р. и указывает на недостатки существующие в этой области.

CU PRIVIRE LA ARTICOLUL „UNELE PROBLEME ALE DEZVOLTĂRII ȘTIINȚEI HIDROLOGICE ÎN R.P.R."

Prof. dr ing. DORIN PAVEL

Autorul articolului citat prezintă activitatea în domeniul hidrologiei la noi, înainte de 1952 cînd s-a creat sectorul hidrologic din DGH, ca fiind practic inexistentă și bazată pe metode perimate și neștiințifice.

Este știut că în trecut condițiile de lucru în acest domeniu nu au fost favorabile. Cu toate acestea Direcțiunea Generală a Apelor, Direcțiunea hidraulică din PCA apoi numeroși profesori și ingineri hidraulicieni romîni, au avut o activitate rodnică și au contribuit la strîngerea unui vast material documentar hidraulic și hidrografic. Desigur că în problema ridicată de autorul articolului, mulți își vor preciza părerea lor.

Fiind citat în acel articol, mă voi mărgini aici a arăta numai cîteva chestiuni. Pentru nevoile studiilor și proiectelor hidrotehnice și hidroenergetice a trebuit să instalez personal numeroase mire și limnigrafe automate, să efectuez în ultimii 30 ani peste 600 măsurători de debite și să prelucrez hidrografia directă și zilnică a majorității rîurilor importante ale țării, cu perioade de observații de la 30 la 100 ani. Parte din rezultatele studiilor le-am publicat în peste 80 volume și articole, altele le-am depus odată cu proiectele respective la diferite instituții și industrii.

S-au construit uzini hidroelectrice, alimentări cu apă, lucrări de hidroameliorații, bazate pe aceste studii, care ulterior în timpul exploatării au verificat calculele și statisticile hidrografice făcute, în genere cu diferențe limitate la $\pm 5\%$.

In articol se critică faptul că în manualul „Hidroenergetica generală" am recomandat formule empirice învechite, ca aceea a lui Keller și Iskowski și în genere că susțin metodele indirecte în hidrografie. La pag. 48 din acel manual am scris „Metodele hidrografice directe, în natură, sînt evident sigurele juste, dar trebuie efectuate pe un mare număr de ani, pentru a se putea trage concluzii juste etc.". Nu pot decît repeta ceea ce am scris în diferite rînduri în ultimile trei decenii. In manualul citat am dezvoltat foarte multe metode indirecte, dintre care unele se bazează pe formule empirice. Printre acestea apar ca cele mai vechi formulele Keller și Iskowski și trebuie să spunem că nu pot lipsi dintr-un manual, care arată toate mijloacele necesare calculelor hidrografice. Formulele de acest fel nu au fost scoase din nimic, dimpotrivă ele se bazează pe un imens material statistic de debite înregistrate pe mii de rîuri din Europa centrală. Faptul că ele nu cuprind toți factorii hidrografici, ci numai pe cei principali, le diminuează precizia, dar pot totuși folosi la calcule indirecte estimative, dacă se aplică suficient de critic.

Dar pe lîngă asemenea formule am dat atîtea alte metode în capitolul hidrografiei indirecte care sînt mai aproape de realitate, de exemplu: metoda Iacobi, care și-a dezvoltat formulele, în bună parte, pe baza materialului statistic ce i-am pus la dispoziție (cum arată în teza sa de doctorat din 1933). Dealtfel formulele acestea țin seama la calculul debitelor caracteristice de factorii: precipitația, panta medie a rîului, gradul de împădurire, temperatura medie și sînt folosite azi cu succes în diferite părți, cum arată de exemplu în R.P. Ungară, Vizügyi Közlemenyek, 1953/I, pag. 65–68.

La fel, metoda similitudinii hidrografice, dezvoltată de mine în anii 1929–1933, este o unealtă utilă și prețioasă în mîna hidraulicianului priceput. Pe fiecare rîu se înregistrează nivelele și debitele numai la puține stații, dar construcțiile hidrotehnice și hidroenergetice se întind pe alte teritorii ale rîului și afluenților ca și a rîurilor învecinate, pe care nu există nici un fel de date directe. In aceste cazuri se recalculează debitele prin $Q_2 = Q_1 \frac{\sigma_2 S_2 h_2}{\sigma_1 S_1 h_1}$, în care indicii 1 se referă la stația hidrometrică și 2 la punctul de captare. Formula similitudinii dă precizie cu atît mai mare, cu cît factorii parțiali: bazinul S, precipitația h, coeficientul de scurgere σ se determină mai exact.

In calculul comparativ a lui σ_2/σ_1 intră și ceilalți factori hidrografici ca: pencipitația, temperatura medie, panta rîului, gradul de împădurire și vegetație situația, orografică a bazinului, altitudinea medie, etc.

In aceste calcule, hidraulicianul folosește toate metodele și formulele cunoscute în literatură, verifică pe teren toți factorii care pot fi stabiliți, bineînțeles cu spirit critic științific.

Pe măsura verificării ulterioare pe cale de înregistrare directă a debitelor se corectează succesiv rezultatele și se ajunge la precizia dorită.

Dacă am admite, cum susține autorul, că numai înregistrările directe, prelucrate statistic științific sînt juste și că toate metodele și formulele empirice și indirecte trebuie înlăturate, ar trebui să instalăm la noi zeci de mii de stațiuni și de acum înainte să mai așteptăm cel puțin încă 30 ani pentru a avea statistica hidrografică completă. Deci implicit ar trebui să amînăm construcțiile

hidrotehnice, ceea ce nu este posibil. Iată unde ne-ar duce acceptarea unor propuneri ca acelea exprimate de autorul articolului menționat.

Dealtfel autorul articolului, în a cărui sarcină cade tocmai înregistrarea și prelucrarea hidrografică, susține că actualele 480 stațiuni hidrometrice (1 stațiune la peste 500 km²) sînt suficiente cantitativ, dar trebuie perfectate calitativ. Ținînd seama de experiența în acest domeniu dobîndită în alte părți, se știe că în regiuni muntoase apte pentru amenajări hidroenergetice trebuie cel puțin 1 stațiune hidrometrică la 100 km², iar în regiuni de rîuri de șes 1 stațiune de 600 km².

La noi trebuie să prevedem astfel pentru 130 000 km² de regiune muntoasă și de dealuri 1 300 stații, iar în regiunea de șes cu circa 120 000 km² alte 200 stațiuni. In total ar fi astfel necesare circa 1 500 stațiuni hidrometrice. In Republica Polonă sînt instalate 2 020 stațiuni la o suprafață de circa 310 000 km², sau 1 stațiune la 153 km², cum arată I. Bulicek: Wodni gospodarstwi v Polsku/1952, în Elveția 1 stație de 65 km², etc.

Stațiunile nu trebuie să fie repartizate uniform și nici de același fel.

La noi sînt necesare circa 100 stațiuni de gradul I echipate cu limnigrafe automate, cu telecomunicații radiotelegrafice, cu toate mijloacele pentru măsurarea tuturor factorilor hidrografici și meteorologici. Aceste stațiuni sînt indispensabile anunțării inundațiilor, ca și exploatărilor hidroelectrice. Apoi, circa 500 stațiuni de gradul II vor fi echipate cu limnigrafe înregistratoare fără telecomunicații, la care pe lîngă nivele și debite lichide se măsoară debitele solide, formarea și mișcarea ghețurilor, temperatura apei, aerului, umiditatea, evaporația suprafețelor de apă și a solului, vînturile etc. In sfîrșit restul de 900 stațiuni sînt limnimetrice, citite de observatori de 2 la 4 ori pe zi, împreună cu factorii meteorologici.

Aceste circa 1 500 stațiuni trebuie instalate pe toate rîurile și pe afluenții mai importanți, în puncte bine studiate. Ele trebuie întreținute perfect, controlate des, tararea lor asigurată prin cel puțin 24 de măsurători de debite pe an pentru fiecare stațiune (la rîuri dinamic instabile se dublează sau triplează măsurătorile). Materialul statistic recoltat trebuie prelucrat analitic-grafic fără întîrziere și publicat lunar pentru a putea servi studiilor, proiectelor și exploatărilor complexe hidrotehnice, hidroenergetice, hidroameliorațiilor, navigației, alimentărilor cu apă.

În concluzie, cred că nu este bine să dărîmăm metodele și formulele vechi sau noi, înainte de a fi conceput altele mai precise, ci trebuie să realizăm rețeaua hidrografică completă, dotată cu cele mai perfecte mijloace tehnice, cu tehnicieni hidrografi suficienți și bine instruiți.

După prelucrarea științifică a materialului statistic pe un șir de ani suficient de lung și publicarea lui, specialiști vor putea dezvolta metode și formule mai exacte decît acelea folosite pînă în prezent.

PE MARGINEA UNEI PROBLEME DE HIDROLOGIE

Ing. J. BOISNARD și *Ing. M. GOLDSTEIN*

Problemele ridicate de tov. Ing. Dumitrescu Sorin în articolul său „Unele probleme ale dezvoltării științei hidrologice în R.P.R.", în care se reflectă orientarea pe care trebuie s-o ia Hidrologia în țara noastră, sînt de foarte mare importanță pentru dezvoltarea acestei științe la noi. Considerăm însă că, pe marginea concluziilor la care se ajunge în articolul citat, sînt necesare unele precizări.

Pornind de la patru mari probleme ale Hidrologiei (formule aproximative, analogia hidrologică — cunoscută și sub numele de similitudine hidrografică —, folosirea calculului probabilităților ca metodă de extrapolare a șirurilor statistice și rețeaua hidrometrică), se ajunge în articol la următoarele concluzii:

1. *Formule aproximative.* Se constată că aplicarea formulelor empirice este o etapă necesară în Hidrologie, dar — neputînd fi folosite dincolo de teritoriul pentru care au fost determinate și nici extinse dincolo de amplitudinea datelor ce au stat la baza lor, formulele care n-au fost determinate direct pentru țara noastră nu pot fi folosite la noi.

2. *Analogia hidrologică.* Pentru șirurile scurte de observații, se ajunge la concluzia că metodele indirecte de calcul sînt justificate (metoda analogiei), atunci cînd ea se face pe baze „cu adevărat științifice". Tot aici se ajunge la concluzia că folosirea indicativă a hărții cu izomodule a Sectorului Hidrologic din D.G.H. este justificată pentru nevoile practice, ca o metodă de interpolare geografică.

3. *Calculul probabilităților.* Concluzia în această problemă este că: regimul apelor depinzînd de foarte mulți factori (după concepția autorului „de o infinitate de factori"), se prezintă la nivelul actual al cunoștințelor noastre cu un anumit caracter de întîmplare, ceea ce a constituit bazele obiective pentru introducerea calculului probabilității în problemele de statistică hidrologică; întrucît însă perioadele de observații, la majo-

ritatea staţiunilor hidrometrice din ţara noastră, sînt scurte, folosirea calculelor de probabilitate pe teritoriul ţării noastre trebuie considerată de-a dreptul neştiinţifică şi, ca atare, nu poate fi folosită.

4. *Reţeaua hidrometrică.* Se constată că în perioada 1949—1951, concepţia asupra dezvoltării reţelei a fost greşită, ducînd la o creştere masivă, nejustificată din punct de vedere ştiinţific, a numărului staţiunilor hidrometrice. La data actuală, caracteristica reţelei D.G.H. este reprezentativitatea ei, adică corespunde necesităţilor ştiinţifice.

* * *

Ideea generală, ce se desprinde din întregul articol, este că — în actuala etapă de dezvoltare a hidrologiei în R.P.R. — nu pot fi folosite la noi nici formulele aproximative, nici calcule de probabilitate, întrucît sînt neştiinţifice, iar metoda analogiei hidrologice este justificată numai atunci cînd se face pe baze cu adevărat ştiinţifice.

Pentru rezolvarea problemelor puse hidrologiei, se indică — drept unică metodă ştiinţifică — analiza genetică a fenomenelor hidrologice. Dar această analiză, necesitînd o mare acumulare de date dintre cele mai diverse, făcută într-o perioadă de timp îndelungată, rezultă că — în problemele de hidrologie — nu se va putea găsi o soluţionare la noi, decît după ce vom dispune de asemenea date.

Cum trebuie să procedăm în momentul de faţă, cînd nu dispunem de asemenea date şi cînd avîntul construcţiilor hidrotehnice este în continuă creştere, nu este practic indicat în articol. Menţionăm, totuşi, o mică indicaţie dată, aceea de a proceda „ştiinţific" sau „riguros ştiinţific".

În lumina acestor consideraţii, vom încerca să analizăm concluziile care se desprind din articolul tov. Ing. Dumitrescu Sorin.

1. Este de la sine înţeles că o formulă aproximativă nu dă decît rezultate aproximative, cu atît mai puţin exacte, cu cît condiţiile fizico-geografice ale teritoriului, pentru care au fost stabilite, diferă mai mult de cele ale regiunii în care sînt aplicate şi cu cît se extrapolează mai mult înafara domeniului datelor ce au stat la baza întocmirii lor.

Pe de altă parte, nu este mai puţin adevărat că formulele aproximative, fiind stabilite pe bază de corelaţii între diferite valori măsurate sau determinate ale factorilor genetici şi caracteristici ale scurgerii, nu înseamnă că folosirea lor constituie o metodă de lucru formalistă ruptă de realitate. Aceasta a fost motivul pentru care la noi a fost justificată folosirea unor formule aproximative, în cazurile în care — din lipsa datelor hidrologice — nu era posibilă folosirea unor metode directe sau metode de analogie hidrologică.

În lipsa unor formule proprii, necunoscîndu-se valoarea parametrilor pentru teritoriul ţării noastre, nu putea fi găsită o altă metodă de rezolvare, decît aceea a determinării lor prin metoda inversiunii. Este de asemenea, de la sine înţeles că folosirea acestei metode de lucru nu dă decît rezultate aproximative, care trebuie verificate sau eventual corectate printr-o analiză cît mai amănunţită posibil a factorilor genetici şi prin informaţii luate pe teren asupra felului cum s-au manifestat fenomenele hidrologice în trecut.

Conştienţi fiind de erorile ce pot surveni prin folosirea unor asemenea metode şi pentru a găsi o folosire optimă datelor culese în ultimul timp, am socotit nimerit să trecem la construirea unor formule valabile pe teritoriul ţării noastre, pornind de la corelaţii între diferite fenomene hidrologice, asupra cărora s-au strîns date pînă în prezent. Nu a fost nicicînd intenţia noastră să afirmăm că aceste formule au valoare de „legi" sau că ar fi universal valabile şi invariabile, sau că ele pot înlocui metodele directe sau cele prin analogie, lucru care — de altfel — nici nu reiese din articolele criticate.

Rostul publicării lor a fost tocmai de a permite verificarea valabilităţii lor prin aplicarea lor şi de a primi sugestii în legătură cu îmbunătăţirea lor.

Ar fi absurd să se creadă că o formulă de acest gen poate da — din momentul întocmirii ei — cele mai bune rezultate şi de aceea este necesar să se facă o verificare pe scară cît mai largă.

Acest mod de lucru este folosit de altfel şi de hidrologii sovietici, în ale căror publicaţii pot fi găsite un număr important de formule aproximative pentru majoritatea calculelor hidrologice, formule care sînt mereu perfecţionate şi adaptate fenomenelor, reale prin colaborarea tuturor specialiştilor din acest domeniu (ex. formulele lui Oghievski pentru debite maxime).

Dacă tov. Dumitrescu Sorin ar fi mers şi el pe această cale în articolul său, ar fi adus un aport constructiv în delimitarea metodelor hidrologice folosite la noi.

Concluzia, care se desprinde logic în această problemă din articolul tov. ing. Sorin Dumitrescu, care nu aduce însă argumente concrete în sprijinul afirmaţiilor sale, este că formulele aproximative — în general, nu pot fi folosite la noi, iar cele propuse pentru teritoriul ţării noastre nu sînt juste. Considerăm că ar fi greşit să mergem pe un asemenea drum, cu atît mai mult cu cît în verificările făcute de noi, formulele s-au găsit a fi aplicabile (în structura lor, ţinîndu-se seama de factorii condiţionali cei mai importanţi şi fiind construite pe bază de date măsurate) şi că suprimarea oricărui gen de formule aproximative în calcule hidrologice ne-ar pune în imposibilitate de a da o rezolvare practică problemelor de hidrotehnică, ce se pun pentru cursurile de apă care nu sînt de loc studiate.

2. În privinţa folosirii metodelor indirecte în calculele hidrologice, nu se lămureşte ce se înţelege prin afirmaţia că utilizarea acestor metode se justifică numai dacă se fac pe baze „cu adevărat ştiinţifice". Dacă prin aceasta se înţelege că în calculele corelative trebuie introduşi absolut toţi factorii genetici ai fenomene-

lor hidrologice, atunci metoda nu este aplicabilă sub această formă, căci — înafara unor complicaţii enorme pe care le dă un semenea calcul — ne-am găsit în imposibilitatea de a avea date de măsurători asupra majorităţii acestor factori, care nu pot fi apreciaţi decît calitativ.

Dacă tov. ing. Sorin Dumitrescu se gîndeşte la aplicarea calculul corelativ pentru un număr restrîns de factori hidrologici principali, mulţumindu-se cu o analiză calitativă a celorlalţi, în măsura în care acest lucru este posibil, atunci se situează pe drumul just al unei rezolvări practice în această problemă.

Totuşi s-ar părea că autorul nu este de acord cu acest gen de rezolvare, deoarece — atunci cînd analizează posibilităţile de folosire a calculul statistic la noi în ţară — afirmă că din pricina faptului că extinderile pe trecut prezintă inconveniente serioase în privinţa exactităţii datelor, folosirea calculul statistic la noi trebuie considerată „de-a dreptul neştiinţifică".

Pe de altă parte, este de acord pentru calcule aproximative, cu folosirea hărţii izomodulelor pe teritoriul R.P.R., întocmită de sectorul hidrologic D.G.H., deşi este evident că o asemenea hartă datorită lipsei de date directe de măsurători nu a putut fi întocmită decît folosind şi metode de analogie cu mai puţină rigurozitate ştiinţifică.

Aceste contradicţii pot conduce la unele confuzii în privinţa căii celei mai potrivite de dezvoltare a hidrologiei în R.P.R. în „situaţia actuală", deoarece s-ar putea trage concluzia că metodele de calcul corelativ nu pot fi aplicate la noi din pricina imposibilităţii de a le da o rezolvare riguros ştiinţifică.

Este deci necesar să precizăm aici că acest calcul al corelaţiei este — după părerea pe care ne-am format-o prin consultarea manualelor sovietice de specialitate sosite la noi în ţară (Poliakov, Velikanov, Oghievski etc.) — o metodă care este şi va fi folosită în hidrologie, chiar dacă din pricina insuficienţei datelor sîntem nevoiţi a renunţa la aplicarea ei pe baze sigur ştiinţifice. Rezultatele obţinute pe baza calculul matematic vor trebui însă verificate printr-o analiză calitativă a tuturor factorilor genetici, ce pot fi analizaţi.

3. Concluzia, privitoare la imposibilitatea folosirii calculul statistic pentru determinarea debitelor de anumite asigurări la noi în ţară, este de o deosebită gravitate.

Rezultă de aici, între altele, că proiectanţii noştri în domeniul hidrotehnic — dacă ar fi să-l credem pe autor — ar fi puşi în imposibilitate de a-şi dimensiona lucrările proiectate în raport cu clasificarea statistică a debitelor maxime (în conformitate cu prevederile GOST nr. 3315-46 şi 3999-48).

Lucrări hidrotehnice din cele mai importante, proiectate sau în construcţie, ar fi clădite pe baze complet nesigure (deşi la unele din ele există date de măsurători pe perioade de 20—30 ani, ceea ce satisface cu prisosinţă prevederile GOST nr. 3999-48 în acest domeniu).

Nu putem fi de acord cu această concluzie şi socotim că folosirea calculului statistic în hidrologie este posibilă şi la noi în ţară, chiar acolo unde nu dispunem de şiruri de măsurători suficient de lungi, recurgînd fie la extinderea şirului prin metode de analogie cînd acest lucru este posibil, fie prin aplicarea metodelor statistice la determinarea asigurării principalilor factori genetici ai debitelor.

Fireşte că noi nu avem pretenţia că acest gen de aplicare a metodei este riguros ştiinţific, că rezultatele obţinute sînt riguros exacte, după cum nici specialiştii sovietici nu consideră că metoda curbelor de asigurare recomandată de ei este riguros ştiinţifică şi dă rezultate de o înaltă precizie, chiar în cazul unui şir lung de date hidrologice.

În articolul din revista „Hidrotehnica", nr. 10/1952, citat de ing. Sorin Dumitrescu, se propune aplicarea acestei metode în calculul debitelor minime în condiţiile existente la noi, cînd dispunem de observaţii insuficiente asupra debitelor şi în schimb dispunem de date mai numeroase asupra precipitaţiilor, tocmai pentru a evita aplicarea calculului la un număr insuficient de observaţii sau a recurge la formulele aproximative stabilite pentru alte teritorii.

Nu se pretinde în acest articol şi nici nu a fost în intenţia autorului să arate că rezultatele obţinute sînt riguros exacte, precizia lor situîndu-se între aceea obţinută pe cale de aplicare directă a metodei şi cea a aplicării unor formule aproximative.

Afirmaţia că, prin această metodă, studiul genetic al fenomenelor este părăsit nu este cu nimic justificată, întrucît curba de uscăciune reflectă tocmai condiţiile de regim în perioade de secetă cînd rîul, în lipsa precipitaţiilor, se alimentează din rezerve subterane.

După părerea noastră, curbele de asigurare pot fi stabilite şi în împrejurările existente la noi cu aceeaşi observaţie că şi în acest caz, ca în toate calculele hidrologice, trebuie să îmbinăm calculul matematic cu o analiză calitativă a factorilor genetici ce nu pot fi introduşi în calcul, cunoscînd de la bun început că rezultatele obţinute au un oarecare grad de aproximaţie.

4. În ceea ce priveşte reţeaua de staţiuni de observaţii, nu se justifică motivele pentru care autorul socoteşte că reţeaua existentă, la data actuală, este reprezentativă, neredînd care anume sînt criteriile ştiinţifice care l-au condus la această constatare. După părerea noastră, nu se poate afirma că o reţea este reprezentativă, decît după ce — prin prelucrarea datelor de măsurători — s-a constatat acest lucru.

Întrucît, din însuşi conţinutul articolului, rezultă că la majoritatea staţiunilor există perioade scurte de observaţii, socotim această afirmaţie prematură şi lipsită de argumente ştiinţifice. Ne punem întrebarea dacă, în aceste condiţii nu este preferabil ca — o perioadă oarecare de timp — să funcţioneze un număr mai mare de

staţiuni, avînd posibilitatea să desfiinţăm o parte din ele, dacă în viitor se va dovedi nereprezentativitatea lor. Altfel, am risca să avem surpriza neplăcută de a constata, după un număr oarecare de ani, că o parte din staţiunile socotite azi ca reprezentative să nu justifice această ipoteză în viitor.

Ca o concluzie generală la cele arătate mai sus, socotim că şi în ştiinţa hidrologică, ca în toate domeniile ştiinţei, cunoaşterea fenomenelor trebuie să parcurgă cele trei trepte arătate de Lenin : contemplarea fenomenului (momentul empiric), gîndirea abstractă (momentul raţional) şi verificarea în natură.

Momentul empiric şi cel raţional al cunoaşterii trebuie privite în unitatea lor ca trepte necesare ale cunoaşterii, trepte care se completează reciproc, aşa după cum ne învaţă materialismul dialectic, care respinge unilateralitatea diferitelor teorii empiriste sau raţionaliste.

Metodele de calcul statistic şi corelativ, prin care se face evaluarea cantitativă a fenomenelor hidrologice completate cu o analiză calitativă a factorilor genetici ce nu pot fi prinşi în calculul matematic, ne dau elemente pentru studiul fenomenelor hidrologice, în momentul empiric. Nu putem, deci, renunţa la ele, chiar în cazul în care — din lipsa unor date de observaţii mai ample — obţinem rezultate cu oarecare aproximaţie. Constatarea, pe care o face tov. ing. Sorin Dumitrescu la calculul curbelor de asigurare, că această metodă este în mare măsură convenţională, deoarece depinde în mod direct de perioada considerată în calcul, se poate face pentru toate calculele hidrologice cunoscute în prezent,întrucît toate rezultatele obţinute prin aceste calcule sînt în legătură directă cu perioada considerată.

Însăşi valorile medii ale unui fenomen, rezultate din date de măsurători directe, valori curent utilizate în calculele hidrologice, sînt în funcţie de perioada pe care se extinde media, aşa încît noţiunea de „precis" şi „bine studiat" în hidrologie este, în oarecare măsură, relativă, depinzînd de durata observaţiilor.

A se renunţa la aceste metode pe motivul că precizia lor lasă încă de dorit în oarecare măsură, fără a pune nimic în loc, fără a avea asigurate bazele dezvoltării unor noi metode de calcul hidrologic, ar însemna să ne lipsim de metode de lucru privind momentul empiric al cunoaşterii fenomenelor, ceea ce ar fi absurd.

În faza actuală a dezvoltării ştiinţei hidrologice la noi în ţară, va trebui deci, în primul rînd, să adaptăm metodele de calcul hidrologic existente, în special pe cele folosite în U.R.S.S. la condiţiile specifice ţării noastre şi să nu pornim de la ideea de a renunţa la aplicarea lor. Aceste metode vor trebui să se dezvolte neîncetat în măsura în care vom dispune de observaţii mai ample şi mai exacte asupra fenomenelor, vor trebui căutate în paralel şi alte metode de calcul oglindind tot mai exact, mai adînc, mai multilateral, procesele obiective.

Pe baza lor, vom putea dezvolta cunoaşterea ştiinţifică a fenomenelor, privită ca un proces la care participă atît perceperea empirică, cît şi gîndirea abstractă.

Pentru aceasta însă, este imperios necesar să se treacă la prelucrarea datelor brute culese la staţiunile de măsură, la valorificarea lor, căutîndu-se a se descoperi printr-un mare număr de cercetări legăturile ce există între ele, pe cale matematică şi în lumina analizării proceselor de geneză.

Pe această linie, un preţios ajutor l-ar putea da Sectorul Hidrologic din D.G.H., dacă ar grăbi prelucrarea datelor brute şi publicarea la zi a anuarelor hidrografice într-o formă corespunzătoare scopului enunţat mai sus.

De asemenea, pentru a asigura o orientare justă şi o metodologie comună în hidrologie, socotim că ar fi necesară organizarea de către A.S.I.T. a unei consfătuiri, unde ele să poată fi dezbătute în mod larg, direct între cei interesaţi, cu care ocazie s-ar putea aduce — în sprijinul argumentelor supuse discuţiei — materialul documentar absolut necesar în cazul unor asemenea dezbateri.

EXERCIŢIILE DE PREVENIRE ŞI LICHIDARE A AVARIILOR METODĂ IMPORTANTĂ A MUNCII CU PERSONALUL DIN INSTALAŢIILE ENERGETICE

Conf. ing. CĂLIN MIHĂILEANU

Activitatea personalului din sectorul energetic are o serie de aspecte caracteristice, dintre care mai importante sînt:

1. Produsul muncii personalului de exploatare — energia electrică — nu poate fi înmagazinată în depozite, ci trebuie consumată în momentul producerii sale. De aceea, trebuie să existe în orice moment un echilibru între puterea electrică cerută de consumatori şi cea produsă de centrală.

2. Alimentarea consumatorilor cu energie electrică de calitatea cerută trebuie asigurată fără întreruperi neplanificate. Intreruperile, chiar cele de scurtă durată, au un efect foarte dăunător asupra activităţii întreprinderilor consumatoare, deoarece timpul necesar restabilirii procesului tehnologic este mult mai lung decît durata propriu zisă a întreruperii. Intreruperile în alimentarea iluminatului pot avea urmări deosebit de grave, iar calitatea necorespunzătoare a energiei electrice (tensiune şi frecvenţă înafara limitelor de variaţie admise) conduc de asemenea la perturbarea funcţionării normale a maşinilor şi instalaţiilor consumatorilor.

3. Deservirea echipamentului electromecanic, instalaţiile energetice, manevrele şi reparaţiile efectuate asupra acestui echipament necesită o deosebită atenţie şi precizie în muncă din partea personalului de exploatare. Aceste condiţii sînt necesare şi din punctul de vedere al securităţii muncii personalului care deserveşte instalaţiile.

Trebuie subliniat faptul că, în timpul avariilor, din momentul producerii şi pînă la înlăturarea lor, solicitarea personalului creşte foarte mult în comparaţie cu regimul de exploatare normală. In aceste momente se cere mult calm, sînge rece, perspicacitate şi rapiditate în acţiune. Acţiunile personalului, atît în regimul normal de funcţionare cît şi în regim de avarie, trebuie să fie conforme cu regulile de securitate, cu prescripţiile şi normele tehnice de exploatare precum şi cu diferitele instrucţiuni locale, care trebuie cunoscute perfect şi respectate fără abateri.

4. In instalaţiile energetice moderne, îşi găsesc loc din ce în ce mai mult mecanizarea şi automatizarea complexă a proceselor tehnologice de producere, transport şi distribuţie a energiei electrice.

Analiza avariilor arată încă un număr însemnat de avarii care se produc sau se dezvoltă din cauză că personalul nu cunoaşte sau nu ţine seama de prescripţiile tehnice de exploatare: aceasta se datoreşte în bună parte unei insuficiente pregătiri tehnice a personalului de deservire precum şi muncii nesatisfăcătore duse cu acesta.

Printr-o justă organizare a muncii cu personalul de exploatare, se pot obţine bune rezultate în ceea ce priveşte funcţionarea instalaţiilor fără avarii şi deranjamente. Acest lucru este confirmat de experienţa URSS unde statisticile de analiză a avariilor arată că numărul de avarii este în continuă scădere, iar procentul celor datorite personalului este din ce în ce mai mic.

Munca cu personalul fiind unul din aspectele cele mai dificile şi mai complexe ale exploatării instalaţiilor energetice, nu trebuie să reprezinte o măsură tehnico-organizatorică temporară, ci o activitate continuă şi susţinută. Ea trebuie să cuprindă întreaga activitate de ridicare a nivelului profesional şi a calităţilor individuale ale personalului de exploatare.

Munca cu personalul prezintă următoarele forme şi metode de lucru mai însemnate:

1. Pregătirea celor nou angajaţi astfel ca ei să poată munci independent.

2. Pregătirea personalului cu vechime pentru însuşirea activă a prescripţiilor şi instrucţiunilor, a normelor de exploatare tehnică; de asemenea verificarea cunoştinţelor acestui personal în acest domeniu.

3. Controlul respectării prescripţiilor tehnice de către personalul de exploatare.

4. Exerciţii de prevenire şi lichidare a avariilor.

5. Instructajul la locul de muncă.

6. Educarea presonalului pentru a-l determina să-şi însuşească necontenit noi cunoştinţe tehnice şi a-i dezvolta interesul pentru studiul tehnic.

7. Consfătuiri de producţie pentru analiza muncii cu personalul.

Fiecare din aceste forme ale muncii cu personalul îşi are însemnătatea sa dar numai prin îmbinarea tuturor acestor forme de muncă se pot obţine rezultate bune. După caz şi după condiţiile locale de muncă, trebuie însă pus accentul pe unele sau pe altele din aceste aspecte. Trebuie pus de asemenea un deosebit accent pe educarea personalului într-o atitudine nouă faţă de muncă.

Dintre diversele forme de muncă cu personalul enumerate mai sus, exerciţiile de prevenire şi lichidare a avariilor prezintă o importanţă deosebită: această formă nu este utilizată în

sectorul energetic din țara noastră și trebuie introdusă într-un timp cît mai scurt.

Obiectivele acestor exerciții sînt multiple și anume :

a) ajutarea personalului pentru ca acesta să cunoască cît mai bine locul de muncă, echipamentul, punctele slabe și strangulările din instalații, schemele și circuitele secundare ale acestora : de asemeni de a-și însuși cît mai bine prescripțiile și instrucțiunile de exploatare tehnică privind instalațiile respective :

b) explicarea științifică a cauzelor apariției și dezvoltării avariilor și deranjamentelor :

c) însușirea metodelor și a celor mai potrivite procedee de efectuare a manevrelor :

d) verificarea faptului că personalul și-a însușit modul de a aplica corect, precis și cu sînge rece, prescripțiile și instrucțiunile de exploatare tehnică, la schimbarea regimului de funcționare a unei părți din instalații sau a întregii unități :

e) descoperirea defectelor în funcționarea diferitelor unități sau a întregului sistem.

Experiența Uniunii Sovietice a arătat că în unitățile unde se execută în mod sistematic exerciții de prevenire a avariilor, personalul de exploatare efectuiază corect și prompt atît manevrele programate cît și cele accidentale.

Trebuie subliniat că exercițiile nu trebuie să cuprindă numai părți privind lichidarea avariilor deși acesta constituie un moment important în exploatarea instalațiilor energetice. Este însă și mai important ca personalul să cunoască temeinic cauzele posibile ale avariilor și să-și însușească metodele prin care se poate împiedica producerea avariilor. Din acest motiv, exercițiile trebuie să se refere în primul rînd la prevenirea avariilor și în al doilea rînd la lichidarea lor.

Exercițiile de prevenire a avariilor, pentru a avea eficacitate, trebuie efectuate la locul de muncă și nu înafara acestuia. Ele trebuie să se desfășoare după anumite norme metodice.

Astfel, pentru a putea verifica posibilitatea și capacitatea personalului de a face față oricăror situații intervenite în funcționarea instalațiilor, temele exercițiilor nu trebuie comunicate dinainte.

Toate exercițiile trebuie să se execute numai cu personalul care se află înafara orelor de serviciu. In aceste exerciții este bine să fie antrenat întregul personal care ete liber, nu numai un singur schimb, deoarece chiar simpla observare a acțiunilor celor care iau parte direct la exercițiu precum și participarea la critica exercițiului la dezbaterile și comentarea rezultatelor obținute, sînt de un real folos pentru cei prezenți. Inafară de aceasta, personalul mai bine calificat și cu experiență mai îndelungată poate ajuta conducătorului exercițiului în controlul acțiunilor participanților.

Timpul cel mai potrivit pentru exerciții este ziua, după al doilea schimb (primul schimb fiind socotit schimbul de noapte) : această condiție este necesară deoarece personalul schimbului de zi este mai puțin obosit decît cel din schimbul de noapte. Totuși timpul exercițiilor poate fi schimbat în funcție de condițiile locale.

Dacă în timpul exercițiilor, comportarea participanților are deficiențe, acestea trebuie analizate și explicate, indicîndu-se cum pot fi înlăturate în viitor asemenea greșeli : dacă totuși aceste greșeli se repetă, aceasta dovedește o atitudine neserioasă a muncitorului respectiv și superficialitatea în studiul prescripțiilor și instrucțiunilor.

Ministerul Energiei Electrice și Industriei Electrotehnice, ținînd seama de importanța deosebită și rolul hotărîtor pe care îl au exercițiile de prevenirea și de lichidare a avariilor, a inițiat organizarea pe scară largă a unor asemenea exerciții : caracterul permanent al acestui instructaj cu personalul din instalațiile energetice ale energotrusturilor și energocombinatelor, contribue și la ridicarea nivelului tehnic-profesional al acestui personal.

Prin această măsură căreia trebuie să i se acorde toată atenția, se face un important pas înainte, în lupta împotriva avariilor și în ridicarea nivelului tehnic al exploatării, în instalațiile noastre energetice.

Bibliografie

[1] *Iakusa G. B.* : Organizarea muncii cu personalul rețelelor energetice, Ed. Energetică de Stat, 1954.

[2] *Sidorov P. A.* : Exerciții pentru prevenirea și lichidarea avariilor în centralele electrice, Energeticianul (Energetik), nr. 1/1953.

[3] *Fakovski M. A.* : Organizarea exercițiilor împotriva avariilor în centralele electrice, Energeticianul (Energetik), nr. 6/1953.

[4] *Coriov A. P.* : Culegere de probleme pentru instructajul personalului de tură din stațiile electrice, Gosenergoizdat, 1949.

FOLOSIREA TUBURILOR DE CARTON BITUMINAT FĂRĂ ÎNVELIŞ METALIC

Pentru montarea conductorilor electrici în instalaţiile de lumină s-a introdus de curînd folosirea, pentru o anumită perioadă, a unui produs nou : tubul de carton bituminat, fără înveliş metalic.

Acest tub poate să înlocuiască tubul IP, în anumite condiţiuni şi domenii de utilizare.

Tubul de carton bituminat, fără înveliş metalic, este asemănător tubului IP, are o bituminare mai groasă şi gletuită, care permite să fie aşezat direct în perete.

Acest produs fiind apărut de curînd, în cele ce urmează se dau o serie de indicaţii asupra folosirii lui. Indicaţiile sînt necesare atît pentru proiectant, care trebuie să ştie cum să proiecteze instalaţiile electrice cu acest material, cît şi pentru executant în ceea ce priveşte modul de pozare şi de folosire.

Tuburile de carton bituminat, fără înveliş metalic se fabrică în dimensiuni de 11; 13,5 şi 16 mm. Pentru celelalte dimensiuni se folosesc tuburile normale, cu înveliş de tablă plumbuită (STAS 546-49). Alegerea fabricaţiei tubului de carton bituminat fără înveliş metalic s-a făcut pe baza celor mai utilizate dimensiuni de tub la instalaţiile electrice curente.

Tubul nou, se poate folosi numai la instalaţii de iluminat, pentru legătura directă la corpul de iluminat sau pentru prize ; este interzisă folosirea lui la orice instalaţii de forţă, indiferent dacă receptorii sînt legaţi fix sau cu prize la instalaţia electrică.

O atenţie deosebită la utilizarea tubului de carton bituminat, fără înveliş metalic, este respectarea riguroasă a domeniului de folosire. Tubul de carton bituminat nu se poate monta oriunde, în locul tubului IP, ci numai în locuri uscate şi unde clădirea este executată din cărămidă sau beton. In acest sens, domeniul de utilizare al tubului de carton bituminat, fără înveliş metalic, se limitează astfel :

a) In încăperi uscate din locuinţe, clădiri administrative clădiri social-culturale, executate din cărămidă sau alte materiale neinflamabile, fiind interzisă folosirea acestor tuburi în poduri, magazii, băi, în subsoluri, spălătorii etc, sau încăperile cu umiditate permanentă sau intermitentă unde instalaţia trebuie făcută în tuburi normale (IP STAS 546-49).

In sensul prescripţiilor de construcţie a instalaţiilor electrice, încăperile cu umiditate permanentă sînt acelea în care umiditatea aerului se manifestă sub formă de ceaţă sau de picături de apă, pe pereţi sau plafon şi unde există în mod aproape permanent vapori. In aceste încăperi, umiditatea relativă a aerului este mai mare de 75%.

Incăperile cu umiditate intermitentă sînt acelea care prin destinaţia lor pot fi umede pentru perioade scurte, dar care se usucă repede printr-o bună aerisire.

b) In unele din clădirile industriale de categoria II şi III de pericol de incendiu. Incăperile industriale de categoria II şi categoria III de incendiu sînt acelea fixate în„ normele pentru proiectarea şi executarea construcţiilor din punct de vedere al prevenirii incendiilor", publicate în buletinul C.S.A.C. nr. 9/ 1953. După aceste norme, în categoria II intră :

Fabricaţiile legate de prelucrarea în stare caldă a substanţelor şi materialelor neinflamabile încălzite pînă la incandescenţă sau în stare topită, însoţită de dezvoltarea de căldură prin radiaţie, de degajare de scîntei şi de flăcări, precum şi fabricaţiile legate de arderea unui combustibil solid, lichid sau gazos.

Este de observat, că la o mare parte din aceste fabricaţii se poate întrebuinţa tubul de carton bituminat fără înveliş metalic. La altele însă, deşi din punct de vedere al prevenirii incendiilor, tubul de carton bituminat ar putea fi întrebuinţat totuşi, ţinînd seama de alte condiţii, de exemplu umezeala şi praful dintr-un depou de locomotive (care intră în categoria II) fac ca tubul de carton bituminat să nu poată fi folosit. De altfel, tubul de carton bituminat nu poate înlocui decît tubul IP (STAS 546-49), ori nici acesta nu se poate întrebuinţa în locul indicat mai sus.

In categoria III intră fabricaţiile legate de prelucrarea substanţelor şi materialelor neinflamabile în stare rece. Tubul de carton bituminat se va putea utiliza într-o secţie de prelucrare la rece a metalelor, secţiile de matriţare şi laminare la rece a materialelor, dar nu se va putea folosi la procesele tehnologice în stare umedă, din industria textilă sau a hîrtiei. In încăperile cu umiditate permanentă sau intermitentă din clădirile industriale de asemenea este interzisă folosirea tubului de carton bituminat.

Faţă de această situaţie, proiectantul de instalaţii electrice va trebui să discearnă cu multă atenţie, dacă tubul de carton bituminat, fără inveliş metalic poate fi utilizat.

c) În toate încăperile indicate anterior acolo unde se cere o siguranţă mare în funcţionarea luminii electrice de exemplu în locurile unde se produc aglomerări cu mai m lt de 200 persoane (săli de conferinţe, adunări, teatre, cinematografe etc.) nu se permite utilizarea tubului de carton bituminat. De asemenea la circuitele de iluminat de siguranţă utilizarea tubului de carton bituminat nu este permisă.

Pentru executarea lucrărilor cu acest tub, trebuie luate anumite măsuri.

Tubul de carton bituminat trebuie folosit numai în montaj îngropat şi numai acoperit cu ghips, nu direct cu tencuială. De acest fapt se va ţine seama, atît la întocmirea devizelor, la proiectare, cît şi la execuţia pe şantier.

La aşezarea pe planşee, tubul de carton bituminat fără înveliş metalic, deoarece cere o rezistenţă mecanică mai mică din cauza lipsei învelişului metalic, va trebui protejat, fie prin aşezare între cărămizi şi acoperire cu ghips, fie prin alt mod.

Tubul de carton bituminat, fără înveliş metalic nu poate fi îndoit. Din această cauză coturile se vor confecţiona din tub IP (STAS 546—49). Legarea coturilor cu tuburile fără înveliş metalic se va face prin intermediul mufelor, confecţionate din tuburi de diametru superior.

În toate cazurile de folosire a tuburilor bituminate fără înveliş metalic, trebuie să existe aprobarea prealabilă scrisă a aceluia pentru care se execută lucrarea.

Ing. I. D.

ÎN AJUTORUL CELOR CE STUDIAZĂ ŞI APLICĂ „PRESCRIPŢIILE DE EXPLOATARE TEHNICĂ A CENTRALELOR ŞI REŢELELOR ELECTRICE"

ILUMINATUL

Prescripţiile de exploatare tehnică acentralelor şi reţelelor electricei" seareferă în capitolul XXXV, paragrafele 911—915 la exploatarea şi întreţinerea instalaţiilor de iluminat, precum şi la termenele la care trebuie executate diferitele controale şi verificări·

In cele ce urmează se dau o serie de lămuriri şi detalii pentru ca operaţiunile prevăzute în paragrafele de mai sus să poată fi făcute în bune condiţii şi cu rezultate cît mai bune.

In general, lucrările la instalaţiile de iluminat, dacă nu se respectă normele de tehnica securităţii sau cînd se fac diferite derogări de la ele sînt legate de posibilitatea de accidente prin electrocutare. Pentru aceasta, deservirea şi reparaţia instalaţiei de iluminat trebuie efectuată numai de personalul bine instruit al secţiei electrice.

Lucrările de deservire şi reparaţie a instalaţiei de iluminat trebuie să fie executate cu scoaterea acesteia de sub tensiune. De asemenea, este bine ca, în încăperile cu lumină naturală, lucrările să fie efectuate în timpul zilei.

Pentru a avea o siguranţă cît mai mare în exploatare este necesar să se respecte cu stricteţe termenele impuse de prescripţii şi să se execute operaţiile indicate mai jos.

1. **Iluminatul de siguranţă**. La o asemenea instalaţie în centralele prevăzute la § 921, trebuie să se verifice in mod atent modul de funcţionare a tuturor elementelor reţelei.

Astfel, toate corpurile iluminatului de siguranţă trebuie să aibe semne distinctive şi lămpile să fie de putere necesară, pentru a asigura iluminatul necesar, conform paragrafului 898. Toate corpurile de iluminat trebuie să fie în bună stare.

In reţeaua iluminatului de siguranţă cu alimentarea de la bateria de acumulatoare, siguranţele trebuie să fie instalate pe ambii poli şi să se folosească întrerupătoare bipolare.

La control, se va urmări buna funcţionare a automatului de comutare a iluminatului de siguranţă şi anume dacă automatul funcţionează bine la deconectarea alimentării din curent alternativ. Acest control al automatului se face o dată pe fiecare săptămînă, în timpul zilei.

2. **Echipamentul pentru iluminatul de lucru**. La verificările prescrise în § 912, trebuie să se controleze :

a) Să nu existe spărturi, piese lipsă etc la tablourile electrice, la globurile de la corpurile de iluminat, la întrerupătoarele cu pîrghie, la siguranţe, la dulii.

b) Tablourile instalate să nu fie deplasate de la locul lor, şi să se afle la o înălţime accesibilă pentru lucru.

c) Intrerupătoarele cu pîrghie să aibă capace de protecţie.

d) Intrerupătoarele, comutatoarele, prizele şi siguranţele să fie prevăzute cu capace în bună stare.

e) In reţeaua iluminatului de lucru cu fir de nul, intrerupătoarele monopolare să fie montate pe fază, iar siguranţele pe ambele conductoare dacă firul de nul nu serveşte pentru protecţie.

f) Duliile corpurilor de iluminat conductoarele şi suportul să fie bine fixate. Duliile să fie bine fixate în corpurile de iluminat, astfel încît să nu se rotească la schimbarea lămpii. La legătura de la dulie trebuie să se controleze dacă este conectată faza la şurubul de contact din fundul duliei şi dacă în exteriorul duliei (la partea filetată) este conectat conductorul de nul.

g) Curăţenia şi aflarea în stare bună a bornelor de la tablouri, a contactelor de la întrerupătoarele cu pîrghie, din întrerupătoare, din prize, din siguranţe şi de la legarea la nul. Contactele trebuie să fie bine strînse si să nu se încălzească.

Contactele care se încălzesc trebuie curăţite sau schimbate.

h) Starea derivaţiilor şi izolaţia conductelor trebuie să fie bună. Astfel, cutiile de derivaţie să aibă capace; în derivaţii să fie executate contacte sigure şi care nu se încălzesc, izolaţia conductelor să nu fie distrusă. In special, conductoarele folosite la lămpile portative trebuie să fie ferite de eforturi de întindere şi protejate împotriva frecărilor în locul de legătură.

Puterea lămpilor montate în corpurile de iluminat sau în reflectoare şi a celor fixate la proiectoare trebuie să corespundă. Lămpile instalate trebuie să aibă puterea fixată la proiectarea instalaţiei, pentru a se asigura volorile iluminării prescrise în încăperea respectivă.

Montorul electrician de serviciu va avea desenele şi listele încăperilor cu indicaţia lămpilor din încăpere, sau cu calculul efectuat pe baza valorilor prescrise pentru iluminat.

Nu se permite folosirea lămpilor cu o putere mai mare decît cele ce se pot monta în mod normal în corpurile de iluminat. Montîndu-se lămpi de o putere mai mare, se produce o supraîncălzire a corpului de iluminat, a duliei şi a conductoarelor, de asemenea din cauza supraîncălzirii, globul de sticlă se poate sparge.

i) Se recomandă ca o dată pe an să se facă o verificare a iluminării în atelierele şi la locurile principale de lucru. Verificare se face cu luxmetrul-preferabil luxmetrul cu celulă fotoelectrică. Valorile nu trebuie să fie inferioare celor specificate în tabela 1.

Valorile recomandate pentru iluminatul electric în centrale şi staţii electrice *Tabela 1*

Denumirea încăperilor şi a locurilor de lucru	Valorile minime ale iluminării în lx	
	Lămpi cu incandescentă	
	Iluminat general	Iluminat combinat
A. *Instalaţii în clădiri*		
Sala maşinilor, încăperea tabloului principal de comandă, locurile de comandă pentru instalaţii hidrotehnice, birouri	50	75
Încăperea unde sînt montate barele colectoare; coridoarele de comanda aparatajului electric, camerile transformatoarelor, ale întrerupătoarelor şi ale bobinelor de reactanţă, sala bateriei de încercare; panourile cu relee şi tablouri de joasă tensiune; trecerile din spatele panourilor. .	30	—
Secţia cazanelor, încăperea exhaustoarelor, secţia de curăţire chimică a apei, secţia de concasare, punctele de încărcare a combustibilului, mori şi transbordoare; încăperea condensatoarelor, sălile de pompe, încăperea turbinelor centralelor hidroelectrice; gospodăria de ulei; încăperea pentru depozitare de acizi	20	—
Încăperea pentru colectarea sgurii platformele cazanelor, trecerile în spatele cazanelor, etajul superior pentru descărcarea de combustib. (în lipsa transportoarelor) încăperea pentru instalaţiile de evacuare a apei, tunele de cabluri şi termoficare, coridorul din instalaţiile de distribuţie, semietajul de cabluri	10	—
Galerii în corpul barajului sau în subsolul clădirii hidrocentralei	5	—
Părţi conductoare de curent, neizolate, accesibile atingerilor, părţile în mişcare accesibile ale turbogeneratoarelor şi ale altor mecanisme, periculoase pentru atingere, aparatele de la tabloul principal electric sau termic de comandă, aparate izolate, a căror observare se face de la o distanţă mai mare de 500 mm.	50	75
Tablouri de comandă, aparate izolate, a căror observare se face de la o distanţă mai mică de 500 mm	30	30
B. *Instalaţii în exterior*		
Relee de gaze, indicatoare de nivel de ulei, părţile mobile ale separatoarelor (în plan vertical) .	10	—
Bornele transformatoarelor şi întrerupătoarelor, locurile de comandă a separatoarelor şi întrerupătoarelor, manşoanele de cabluri, descărcătoarele, indicatoarele de nivel de apă şi poziţia stavilelor (în plan vertical). .	3	—
Locurile cu mecanisme dela depozitul de combustibil	5	—
Locurile unde se fac manevrări, manuale la depozitul de combustibil, poduri peste ecluze şi canale treceri şi şosele peste baraje	2	—
Treceri şi şosele principale pe teritoriul centralei, iluminatul de pază	0,5	—
Celelalte drumuri şi treceri. . .	0,2	—

La sistemul de iluminat combinat (general plus local) al încăperilor din clădiri, iluminarea pe suprafaţele de lucru primită de la corpurile iluminatului general, trebuie să fie cel puţin 10% din valorile fixate şi în orice caz să nu fie inferioară la 10 lx; nu sînt necesare iluminării mai mari de 30 lx.

Valorile iluminării pentru spaţiile exterioare pot fi reduse la jumătate, în următoarele condiţii:

a) La iluminatul cu proiectoare, dacă raportul între necesitatea axială a iluminării date de proiectare (în candele) şi pătratul înălţimii de instalare deasupra pămîntului (în m) nu depăşeşte 100 m;

b) la iluminatul cu corpuri de iluminat prevăzute cu difuzoare din sticlă lăptoasă sau cu reflectoare emailate cu un unghi de proecţie de cel puţin 10°;

c) la iluminat cu reflectoare care au oglinzi cu repartiţie largă, dacă raportul distanţei dintre ele şi la înălţimea de suspensie deasupra pămîntului este mai mic ca 7.

3) **Valoarea rezistenţei izolaţiei reţelei**. se controlează odată pe an. Valoarea rezistenţei instalaţiei de la reţeaua de iluminat, pe porţiunea dintre două siguranţe sau între automatele mici de tablou sau de la ultima siguranţă sau aparat de protecţie, nu trebuie să fie mai mică de 1 000 pentru fiecare volt al tensiuni de serviciu a reţelei.

De exemplu o reţea de iluminat cu o tensiune de 120 V, valoarea rezistenţei de izolaţie trebuie să fie de cel puţin $120 \times 1\ 000 = 120\ 000$; la o reţea de 220 V, valoarea trebuie să fie cel puţin 220 000.

La măsurarea rezistenţei de izolaţie este necesar ca lămpile să fie deşurubate, iar fuzibilele să fie scoase, pentru ca reţeaua să nu se afle sub tensiune.

4. **Lămpile portative şi transformatoarele coborîtoare**. La aceste instalaţii trebuie să se controleze dacă lămpile portative satisfac toate condiţiile de tehnica securităţii a muncii şi ca lampa portativă să nu aibă defecte.

In ceea ce priveşte transformatoarele coborîtoare de tensiune, fie că sînt fixe sau portative, trebuie să aibă carcasa sau cuva în bună stare. Cuva sau carcasa şi una din bornele înfăşurării de joasă tensiune trebuie să fie legate în mod sigur la pămînt.

Conductoarele lămpilor portative trebuie să fie în bună stare şi să aibă o protecţie suficientă contra deteriorărilor mecanice (să fie confecţionate din cordoane flexibile în execuţie mijlocie sau grea, după felul lucrărilor sau al încăperii conform STAS.

Pentru toate reviziile şi centralele se vor încheia procese verbale vizate de inginerul şef al centralei electrice sau de şeful staţiei electrice.

In paragraful 913 se prevede curăţirea corpurilor de iluminat. Această curăţire este necesară, deoarece murdăriea globurilor sau a reflectoarelor corpurilor de iluminat micşorează mult fluxul luminos al lămpii.

Termenele la care trebuie făcută curăţirea sînt în funcţie de cantitatea de praf care există în mod normal în încăperea respectivă;

a) de 4 ori pe lună în încăperile cu degajare însemnată de praf industrial, fum sau funingine (încăperile de alimentare cu cărbune, locul unde se face pregătirea prafului de cărbune);

b) de 2 ori pe lună—în celelalte încăperi;

c) de 2 ori pe an — pentru iluminatul exterior.

Curăţirea se face cu o cîrpă moale, curată.

Dacă este necesar, se spală şi globurile şi suprafeţele de reflectare ale corpurilor de iluminat.

O atenţie deosebită trebuie dată la curăţirea reflectoarelor sau la schimbarea lămpilor montate în ele, pentru ca să nu se deterioreze suprafaţa de reflectare sau să se modifice poziţia lămpii în reflector, care ar schimba concentrarea razelor luminoase.

Odată cu curăţirea corpului de iluminat, trebuie verificată şi starea sa (dulie, glob, legătura la pămînt, izolaţia conductoarelor de racord etc.)

Montorul electrician nu trebuie să aştepte controlul şi verificările indicate la § 912 ci trebuie să remedieze toate defectele observate în timpul serviciului; el trebuie să înlocuiască globurile sparte, să înlocuiască sau să repare întrerupătoarele cu pîrghie, întrerupătoarele, prizele, duliile, siguranţele, izolaţia conductoarelor, a siguranţelor a prizelor, a tablourilor, etc. In orice caz, montorul electrician trebuie să schimbe siguranţele şi lămpile arse.

Ing. Dan Ionescu

RECENZII

LOPATIN B. V.: Reţele termice. Construcţia şi calculul lor. Gosstroizdat Moscova, 1954.

Dintre cele trei elemente principale ale instalaţiilor de termoficare: centrala producătoare de energie electrică şi termică, reţeaua de transport şi distribuţie şi instalaţiile de racordare ale consumatorilor, lucrarea de faţă examinează în detaliu partea constructivă a reţelelor de transport şi distribuţie a energiei termice, atît în ceea ce priveşte formele de realizare cît şi problemele legate de calcul şi proiectare.

Capitolele pot fi grupate după cuprinsul lor în trei părţi: În capitolele I—VI se detaliază descriptiv diferitele forme de realizare ale reţelelor în ceea ce priveşte construcţia lor.

Astfel în capitolul I sînt prezentate detaliat toate formele de canale de conducte atît nevizitabile, cît şi vizitabile, indicîndu-se pentru anumite construcţii şi dimensiunile principale.

Capitolul II tratează aşezarea conductelor fără canale. În acest domeniu s-au făcut şi se prezintă o serie de propuneri interesante, ţinînd seama de posibilităţile de ieftinire ale reţelelor, pe care le asigură.

Căminele de vizitare pentru vane şi compensatori axiali, camerele pentru compensatori U şi coturi şi alte detalii constructive ale canalelor subterane formează obiectul capitolului III.

Capitolul IV cuprinde detalii constructive şi dimensiuni ale diferitelor forme de stîlpi pentru reţele aeriene. Sînt prezentaţi stîlpi metalici, de lemn şi de beton armat.

În capotolul V se tratează problema izolaţiei termice a conductelor cu sau fără canale.

În sfîrşit suporţii conductelor, ficşi şi alunecători, pentru conducte aeriene şi conductele în canale sînt cuprinşi în capitolul VI.

A doua parte o formează capitolele VII—IX în care se stabilesc sarcinile ce trebuie considerate la calculul diferitelor elemente constructive şi modul cum se conduc aceste calcule.

Astfel capitolul VII este afectat stabilirii sarcinilor de calcul: asupra suporţilor conductelor, asupra conductelor aeriene, şi asupra construcţiilor subterane.

Capitolul VIII tratează însuşi calculul construcţiilor subterane de diferite tipuri şi forme de realizare dînd şi o serie de exemple de calcul pentru cazuri frecvente (ex. canal de cărămidă cu placă de beton armat, carcase semicilindrice, etc.).

Metodele de calcul ale construcţiilor pentru conducte aeriene sînt date în capitolul IX.

Se tratează stîlpii de lemn, fiare profilate şi beton armat cu exemple de calcul corespunzătoare.

Capitolul X, deşi sumar, poate fi considerat aparte. În el se tratează o serie de probleme legate de preţul construcţiilor: lucrări de pămînt, de beton, de sudură, etc.

Este de relevat, precum reiese şi din cele de mai sus, că lucrarea se referă exclusiv la partea constructivă a reţelelor termice, completînd astfel lucrările existente care examinează în detaliu partea energetică, termică şi hidraulică a termoficării în general şi a reţelelor termice în particular şi care sînt cunoscute la noi în ţară.

După felul cum este prezentat materialul, lucrarea se adresează în primul rînd proiectanţilor reţelelor termice, aducînd date şi indicînd metode de calcul. În acelaşi timp lucrarea poate fi consultată cu folos de constructorii de reţele, precum şi de cei care le exploatează.

Ing. *A. Mişu*

POIARKOV F. M. „Centrale şi Staţii Electrice Rurale" Moscova, 1954.

Lucrarea lui M. F. Poiarkov este o lucrare de nivel mediu şi se adresează inginerilor şi tehnicienilor care se ocupă de problemele proiectării şi montajului centralelor şi staţiilor electrice rurale.

În cele treisprezece capitole ale acestei cărţi se face descrierea instalaţiilor şi a echipamentelor electrice precum şi tratarea anumitor probleme de proiectare şi funcţionare a acestor instalaţii, după cum urmează:

În primele două capitole se tratează problema diagramelor de sarcină zilnică şi anuală a centralelor, parametrii caracteristici şi schemele de principiu ale centralelor şi staţiilor electrice rurale. În capitolul III sa dau metode simple pentru calculele de scurtcircuit în diverse situaţii de funcţionare. În capitolul IV şi V se face descrierea sumară a aparatajului de joasă tensiune şi de înaltă tensiune, se descriu aparatele de măsură şi se aduc consideraţii generale cu privire la generatorii folosiţi, funcţionarea lor în paralel, reglajul automat al tensiunii şi staţiile de transformare.

În capitolul VI se analizează problema consumului propriu. Se arată sistemele de alimentare, se dau indicaţii referitoare

la motoare şi sistemele lor de alimentare. De asemenea se descriu instalaţiile de curent continuu care se întîlnesc în centralele electrice funcţionînd cu curent alternativ sau curent continuu şi la centralele electrice eoliene.

În capitolul VII se descriu releele şi sistemele de protecţie folosite şi se dau scheme pentru protecţia diferenţială a liniilor funcţionînd în paralel, împotriva punerilor la pămînt a generatorilor, a transformatorilor şi a motoarelor pentru serviciile proprii ale centralei.

În capitolul VIII se tratează problema protecţiei împotriva supratensiunilor atmosferice ;arătîndu-se felurile supratensiunilor, aparatele şi dispozitivele de protecţie şi sistemul de protecţie împotriva descărcărilor atmosferice. În capitolele IX şi X se descriu instalaţiile de distribuţie din centrale şi staţii şi dispozitivele de executarea prizelor de pămînt.

Cap. XI se ocupă de automatizarea centralelor rurale. Se descriu aparatele şi dispozitivele folosite în automatizare, se dau principiile pentru întocmirea schemelor de automatizare, se descrie automatizarea echipamentului hidromecanic din CHE rurale, sistemele de reanclanşare automată şi însfîrşit se dau diverse scheme de automatizare a centralelor electrice rurale.

Capitolul XII se ocupă de schemele de principiu ale centralelor electrice rurale. Aici se descriu schemele monofilare, trifilare, schemele de montaj precum şi diverse dispozitive de semnalizare cu schemele respective.

În ultimul capitol se tratează problema sistemelor electrice rurale, unde se analizează componenţa diverselor sisteme energetice raionale din U.R.S.S. şi se fac o serie de consideraţii economice cu privire la funcţionarea diverselor tipuri de centrale în sistem.

Această carte prezintă interes pentru cercuri largi de ingineri şi tehnicieni energeticieni care se ocupă de problemele electrificării rurale, întrucît oferă o serie de date tehnice şi soluţii constructive care sînt larg răspîndite în U.R.S.S. şi sintetizează bogata experienţă acumulată acolo în privinţa centralelor electrice rurale şi a sistemelor energetice locale.

Ing. *V. Cozelciuc*

M. S. ŞKROB „Pregătirea apei" (Traducere din limba rusă) Editura Energetică de Stat 1954, 488 pag.

În centralele termoelectrice, pregătirea apei şi epurarea ei constituie o preocupare permanentă întrucît de calitatea apei depinde în bună parte o bună funcţionare a cazanelor.

Datorită înaltului nivel atins de tehnica pregătirei şi epurării apei, a reducerei durităţii apei de alimentare prin masele schimbătoare de ioni, a corectării calităţii apei de cazan, a vaporizării în trepte, Uniunea Sovietică ocupă primul loc în lume în ceea ce priveşte numărul agregatelor mari de cazane, alimentate cu apă epurată raţional. Tehnica pregătirii apei se dezvoltă vertiginos. în U.R.S.S.

Metodele folosite au la bază numeroase cercetări ştiinţifice ; datorită acestor cercetări se folosesc astăzi diferite metode pentru a împiedica depunerea pietrei, impurificarea aburului, reducerea durităţii, eliminarea sărurilor şi a silicei.

S-au perfecţionat degazorii termici cu barbotaj, căptuşelile şi armăturile rezistente la acizi şi s-a studiat regimul apei de cazan, al circuitului apei de alimentare, al reţelelor de termoficare, etc.

Institutele sovietice de cercetare termotehnică au obţinut în acest domeniu realizări importante, elaborînd şi adaptînd diferite metode de epurare preventivă a apei atît la intrarea în cazane cît şi în interiorul acestora.

Întocmită metodic pentru a putea servi ca manual, lucrarea recenzată este bazată pe numeroase cercetări şi experienţe ale Instituţiilor de cercetări ştiinţifice termotehnice, ale centralelor termoelectrice şi ale uzinelor care construesc aparate de pregătire şi epurare a apei.

Lucrarea „Pregătirea apei" este împărţită în 14 capitole. După ce se dau în primul capitol noţiunile generale privind calităţii apei, şi transformările ei în ciclul instalaţiilor de forţă cu abur, se studiază în capitolul următor apa ca dizolvant, se expun problemele legate de teoria proceselor fizicochimice care au loc în cazane (disociaţia electrolitică, legea acţiunii maselor, hidroliza sărurilor, soluţiile coloidale etc.).

În capitolul III, pentru a se putea cuprinde mai uşor ansamblul de noţiuni privind caracterele chimice ale apelor naturale, se descrie ciclul apei în natură, substanţele care impurifică apele naturale, indicii de calitate, apele subterane şi de suprafaţă.

În ordinea desfăşurării logice a ideilor, autorul tratează apoi în cap. IV depunerile în cazane a pietrei şi a nămolului, structura şi proprietăţile acestora, arătînd măsurile de combatere a acestor depuneri precum şi de îndepărtare a pietrei din cazan şi din schimbătoarele de căldură.

În capitolul V autorul urmăreşte depunerea de săruri şi impurificarea aburului pe traseul lui. Se examinează pe rînd calităţile aburului, factorii fizici şi fizicochimici care contribuie la impurificarea aburului precum şi măsurile pentru preîntîmpinarea şi îndepărtarea depunerii de săruri în supraîncălzitori şi în turbinele cu abur.

Acţiunea corozivă, chimică şi electro-chimică asupra utilajelor metalice, a conductelor de alimentare cu apă, a agregatelor de cazane, a turbinelor cu abur şi a conductelor şi reţelelor termice precum şi combaterea acestei acţiuni formează partea centrală a capitolului VI a lucrării M. S. Şkrob.

Capitolul VII tratează despre particularităţile regimului de apă, atît al cazanelor cu colector, cu circuit natural cît şi cu circulaţie forţată.

După partea descriptivă, tratată pe larg în primele 7 capitole ale cărţii, se trece la expunerea amănunţită a metodelor moderne de epurare termică şi chimică a apei, descriindu-se diferitele tipuri de aparate pentru pregătirea şi epurarea apei.

În capitolul VIII, se examinează îndepărtarea substanţelor în suspensie şi a celor coloidale şi se expune metoda termică şi cea chimică de reducere a durităţii apei ; sînt descrise aparatele instalaţiilor de epurare a apei şi tehnologia reducerii durităţii ei atît prin precipitarea sărurilor cît şi prin depunerea lor.

Problema mult desbătută în prezent şi care face obiectul a numeroase studii, experimentări şi cercetări în U.R.S.S., publicate în revistele sovietice de specialitate, a metodei de reducere a durităţii apei prin înlocuirea cationilor Mg^{++} şi Ca^{++} cu Na^{+} şi H^{+}, cu ajutorul substanţelor numite mase cationice este tratată în capitolul X. Lucrările savanţilor Nikolski, Gedroiţ, Prohorof, Smirnov, Hapon, Kapşin ş. a. precum şi datele practice obţinute în exploatarea îndelungată şi modernă a instalaţiilor sovietice de epurarea apei prin mase cationice permite să se considere procesul schimbului de ioni ca o reacţie chimică eterogenă care decurge pe suprafaţa materialului încărcat în filtre şi se supune legii acţiunii maselor. Schimbul de cationi care se produce în acest proces în cantităţi echivalente, se potate exprima prin următoarea reacţie reversibilă.

$$(Cat)\ M_2 + M_2^{+} \rightleftarrows (Cat)\ M_2 + M_1^{+}$$

unde (Cat) este anionul masei cationice iar M_1^{+} şi M_2^{+} sînt concentraţiile ionilor metalici care se schimbă între ei în procesul de dedurizarea apei.

Sînt stiudiate apoi diferitele mase cationice întrebuinţate în mod curent pentru apele de diferite caracteristici precum şi proprietăţile lor, aparatele filtrante, schemele instalaţiilor combinate, exploatarea lor, etc., se arată metodele folosite pentru preîntîmpinarea micşorării capacităţii de lucru a maselor cationice.

Capitolul XI examinează succint problemele legate de reducerea chimică a sărurilor şi a silicei din apă şi dă metode pentru obţinerea în condiţii optime a acestei reduceri.

În cele două capitole următoare, sînt studiate amănunţit instalaţiile de vaporizare şi transformare a aburului precum şi problemele de degazare termică a apei. În ambele capitole se dă locul cuvenit elementelor de construcţie şi exploatare a dispozitivelor folosite pentru vaporizare, transformarea aburului şi degazarea apei.

Înafară de aceasta, autorul dă o atenţie deosebită problemei de proiectare a instalaţiilor de pregătirea apei. Astfel în capitolul final (XIV) intitulat „Bazele proiectării instalaţiilor pentru epurarea apei din centralele termoelectrice" se tratează alegerea apei brute, colectarea şi recuperarea condensatului, determinarea debitului instalaţiei de prepararea apei, alegerea schemei de principiu pentru această epurare, stabilirea compoziţiei apei după diferitele operaţii de epurare ; pentru a lega bazele teoretice de aplicaţiile practice şi de nevoile exploatării, se dau exemple de calcul precum şi principiile montării pentru aparatele instalaţiilor de epurarea apei.

Elaborat pentru a fi folosit de elevii şcolilor tehnice energetice şi de studenţii institutelor tehnice superioare din U.R.S.S. ca manual pentru cursul general de „Pregătirea

şi epurarea apei" precum şi pentru proectul de diplomă, cartea recenzată aci este un auxiliar preţios şi un îndreptar pentru inginerul termotehnician precum şi pentru chimiştii din exploatare, care se ocupă cu studiul apei de cazane şi au sarcini in legătură cu exploatarea ei.

Adunarea la un loc a diferitelor noţiuni, probleme, proiecte, experienţe, prezentarea lor metodică, concisă, clară în cuprinsul a aproape 500 de pagini cum şi cele 180 de figuri care lămuresc textul, fac din lucrarea „Pregătirea apei" o monografie preţioasă şi completă în materie de pregătire şi epurarea apei de cazan.

O bibliografie pe capitole deschide cititorului perspectivele pentru amplificarea cunoştinţelor în această materie.

Ing. *R. V.*

L. I. SIROTINSKI ş. a. — „Tehnica tensiunilor înalte" (Traducere din limba rusă) Editura Energetică de Stat 1954, 578 pag.

Lucrarea „Tehnica tensiunilor înalte" este întocmită de colectivul alcătuit din A. Akopian, G. V. Bulkevici, L. F. Dmohoviaska, E. S. Kuharkin, G. A. Lebedev, D. V. Razevig, A. S. Serghev şi L. I. Sirotinki, acesta din urmă fiind şi redactorul lucrării.

În această lucrare se studiază în prima parte descărcările în gaze. În cele 11 capitole care compun această parte, se examinează formele de descărcare care prezintă interes din punct de vedere al tehnicei tensiunilor înalte. Se studiază astfel procesul de ionizare prin şoc, al fotoionizării al termoionizării şi se expune principiul fenomenului de mobilitate a ionilor: ionizarea şi ionizatorii, descărcarea în cîmpuri uniforme şi neuniforme, dezvoltarea descărcării în forme de canale, tensiunea de descărcare în gaze şi în formă de trăsnet, problemele legate de descărcarea prin efectul corona, descărcări în aer dealungul unei suprafeţe de dielectric solid, arcul de curent alternativ în instalaţiile de înaltă tensiune ş. a.

Partea a doua a lucrării este intitulată „Măsurători în înaltă tensiune" şi se ocupă, pe de o parte, cu descrierea aparatelor de măsurat care se folosesc în tehnica tensiunilor înalte, a schemelor pentru măsurarea tensiunilor în regim permanet, măsurarea amplitudinii tensiunilor cu eclator, măsurarea tensiunii şi curentului cu ajutorul clidongrafului şi a pieselor feromagnetice, măsurarea repartiţiei cîmpului electric, a pierderilor prin efectul corona şi divizorii chimici şi capacitivi pentru tensiunile de şoc.

Capitolele XVIII şi XIX sînt consacrate în mod exclusiv descrierii oscilografului catodic: acesta este descris începînd de la principiu, se dau datele constructive şi se indică schemele diferitelor genuri de oscilografie, cu catod rece, cu baleiaj mecanic, microoscilografele, aparatele cu catod cald, etc. În aceste două capitole se caută a se da o idee completă asupra principalelor procese fizice care au loc la devierea fascicolului electronic, la focalizarea lui, la acţiunea fascicolului electric asupra ecranului şi s-a căutat a se da schemele cele mai convenabile folosite pentru a se putea obţine examinarea şi fotografierea oscilogramelor.

În partea treia, se studiază utilajul de bază al laboratoarelor de înaltă tensiune. În cele patru capitole care alcătuesc această parte a lucrării, colectivul Sirotinski studiază transformatoarii de încercare de înaltă tensiune, generatorii de înaltă tensiune continuă generatorii de tensiune şi curent de şoc, precum şi instrumentele de încercare în înaltă tensiune cu frecvenţă mărită.

În această parte a cărţii, se studiază circuitul profesorului Gorev, destinat pentru încercarea întrerupătorilor la puterea de rupere şi a întrerupătorilor moderni cu aer; de asemenea sînt trataţi şi transformatorii de rezonanţă pentru alimentarea tuburilor Roentgen de tensiune pînă la 1 MV pentru examinare pieselor metalice prin radiaţii dure, de lungime de undă foarte scurtă şi deci foarte pătrunzătoare.

Lucrarea recenzată, de nivel superior a fost alcătuită ca manual pentru cursul general de tehnică a tensiunilor înalte, care se predă la facultăţile electro-energetice din U.R.S.S.; prin faptul că studiază unele probleme în adîncime, ea depăşeşte însă calitatea de manual pentru studenţi şi poate fi folosit de inginerii care lucrează în tehnica tensiunilor înalte.

Numeroase clişee, scheme, grafice, tabele, îmbogăţesc lucrarea şi înlesnesc însuşirea materialului conţinut în această carte.

Ing. *R. V.*

COPIEV S. F.: Alimentarea cu căldură, Gosstroizdat Moscova. 1953.

Problema alimentării cu căldură, privită atît din punct de vedere energetic, cît şi a diferitelor soluţii şi forme practice de realizare, este prezentată şi analizată în detaliu în lucrarea „Alimentarea cu căldură".

Deoarece, în stadiul actual înaintat al energeticei sovietice, marea majoritate a instalaţiilor de alimentare cu căldură sînt instalaţii de termoficare, lucrarea poate fi privită ca un manual tratînd din toate punctele de vedere acest sistem de producere combinată a energiei termice şi energiei mecanice sau electrice. Este de amintit totuşi că sînt prezentate şi instalaţiile de cazane (săli de cazane) raionale, ca elemente ce fac uneori parte din schemele de alimentare cu căldură.

In primele patru capitole sînt tratate pe larg problemele legate de consumul şi consumatorii de căldură. Astfel capitolul I stabileşte consumurile termice pentru încălzit, ventilaţie şi alimentare cu apă caldă, pentru diferite tipuri de consumatori şi regiuni geografice, obţinînd astfel baza de calcul a schemelor de alimentare cu căldură sub diversele ei forme.

Principiile pentru alegerea schemelor de racord ale consumatorilor de căldură şi apoi diferitele tipuri de realizare a acestor racorduri sînt tratate în capitolul II. Se prezintă astfel tipuri de racorduri directe şi independente pentru încălzit şi tipuri de racorduri deschise şi închise pentru apă caldă, arătîndu-se pentru fiecare consumatorul la care trebuie aplicat.

In capitolele III şi IV este cuprins echipamentul racordurilor abonaţilor (preîncălzitori, pompe, acumulatori etc.) precum şi problema reglajului şi controlului alimentării cu căldură, la consumator.

In partea a doua a lucrării se studiază problemele legate de transportul căldurii.

Cap. V cuprinde chestiunile generale privind transportul căldurii: bazele tehnico-economice ale calculului şi construcţiei reţelelor, alegerea agentului termic, bazele reglajului alimentării cu căldură şi tipurile de reţele: principale şi de distribuţie.

Conductele însăşi, din punct de vedere al realizării, formează obiectul capitolului VI. Se examinează problema suporţilor, compensatorilor, armăturilor, izolaţiei termice şi a construcţiilor pentru conducte: canale pentru aşezarea subterană şi stîlpi pentru aşezarea aeriană a reţelelor termice.

Capitolele VII, VIII, IX, tratează pe larg calculul termic, calculul hidraulic şi regimul hidraulic al reţelelor. In aceste capitole sînt date bazele pentru proiectarea reţelelor termice.

In capitolul X sînt prezentate, ca forme de realizare, sistemele de alimentare cu căldură.

Partea a treia, grupînd ultimele şapte capitole, tratează sursele de căldură. Astfel în capitolul XI sînt prezentate schemele diferitelor surse de căldură: centrale de termoficare şi săli de cazane raionale.

Deasemenea sînt prezentate pe scurt cazanele şi turbinele folosite în centralele electrice în general şi în centralele de termoficare în special.

Capitolele XII, XIII, XIV, XV şi XVI studiază amănunţit, dînd bazele alcătuirii lor, instalaţiile anexe necesare centralelor de termoficare: preîncălzitoare, vaporizatoare degazare compresoare de abur, instalaţii de reducere şi răcire şi instalaţii pentru prepararea apei de adaos în reţele.

In sfîrşit capitolul XVII este rezervat problemelor de exploatare a sistemelor de termoficare: racorduri, reţele şi centrale.

Prin amploarea materialului cuprins în lucrare, prin faptul că tratează integral toate problemele legate de termoficare precum şi prin numărul şi dezvoltarea exemplelor rezolvate în cursul expunerii, „Alimentarea cu căldură" trebuie privită nu numai ca un manual pentru institutele de învăţămînt superior de specialitatea respectivă ci şi ca un îndrumător pentru cei ce proiectează instalaţii de alimentare cu căldură în general şi de termoficare în special. Ing. *A.M.*

X X X **Constructorul primelor centrale hidroelectrice din U.R.S.S. Acad. G. O. Graftio**, Moscova Izdat. Acad. Nauc. SSSR, 1953 format 260 x 160 mm, 196 pag. 15. fig. I.D.T. C—10352.

Cartea este consacrată marelui constructor de centrale hidroelectrice din U.R.S.S. academicianului G. O. Graftio, care a proiectat şi a condus mai multe şantiere hidrotehnice mari şi anume: Volhovstroi, Svirstroi, Circikstroi etc. Se descriu unele elemente principale ale acestor construcţii precum şi ale altor lucrări proiectate de G. O. Graftio.

Cartea prezintă interes pentru oamenii de știință și inginerii care se ocupă cu proiectarea și executarea lucrărilor hidrotehnice și de electrificare.

Grinboim M. I., Gutirov V. G., Jileaev A. V. și alții : **Indreptar pentru organele de control al cazanelor** (Spravocinik po kotlonadzoru),

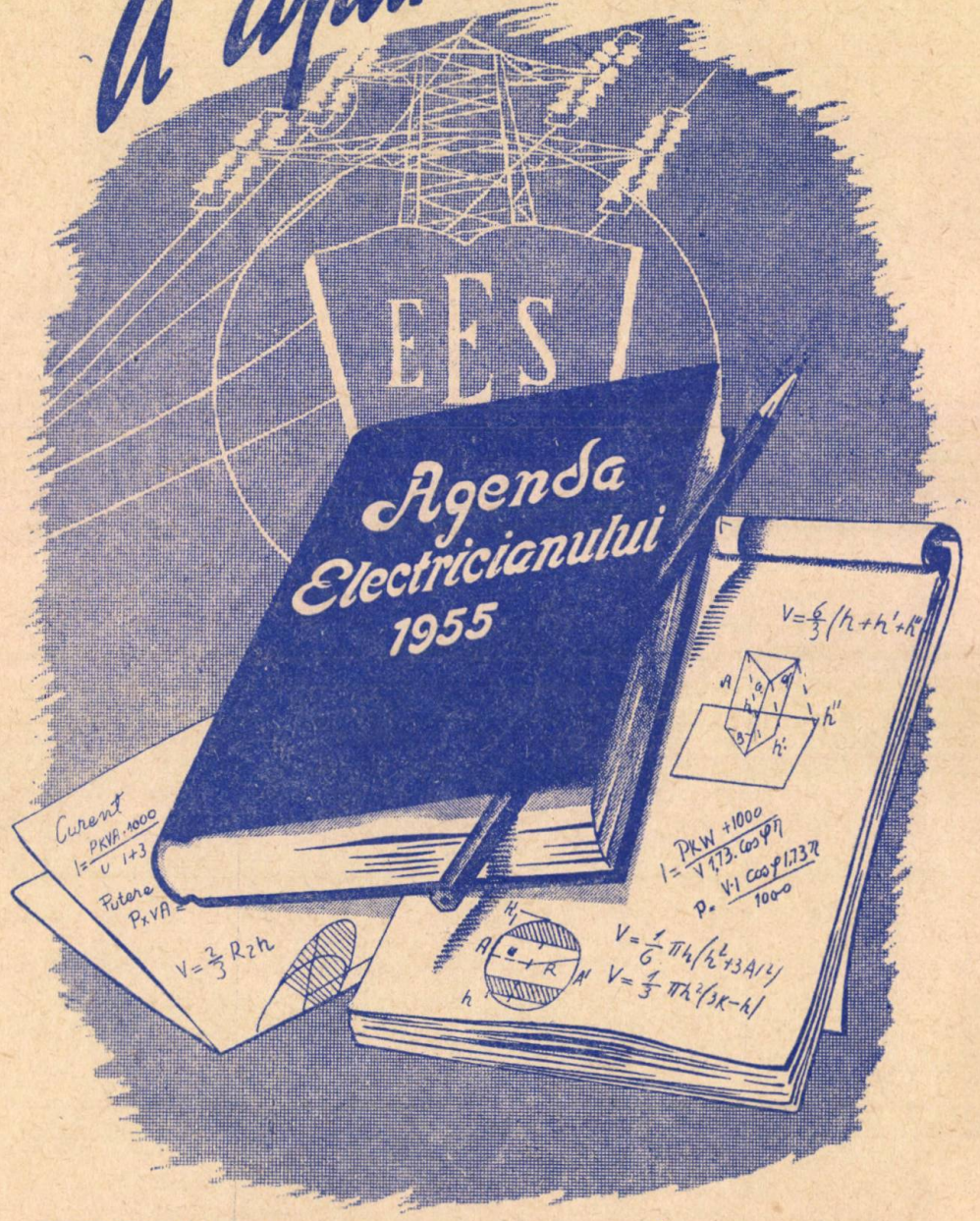
Moscova — Leningrad, Gosenergoizdat, ediția II, (1954), format 270 x 180 mm, 568 pag. 490 fig., I.D.T. C—10358.

Indreptarul conține principalele prescripții ale Inspectoratului pentru controlul cazanelor din Ministerul Centralelor Electrice și al industriei Electrotehnice din U. R. S. S.precum și o serie de recomandații de proiectare, executare, montare, exploatare și verificare a instalațiilor supuse controlului inspectorului.

Cartea se adresează inspectorilor de control al cazanelor, personalului institutelor de proiectare, inginerilor și tehnicienilor din fabricile de cazane, precum și tehnicienilor care se ocupă cu montarea și exploatarea cazanelor.

Cuprinsul : particularitățile condițiilor de funcționare a metalelor din instalațiile supuse controlului cazanelor ; caracteristicile materialelor folosite pentru construcția și repararea instalațiilor supuse controlului ; probe mecanice ; condițiile de bază puse de inspectorat la sudarea metalelor ; controlul și încercarea îmbinărilor sudate ; condițiile puse de inspectorat pentru cazanele de abur ; construcțiile tip ale cazanelor de abur industriale ; calculul rezistenței elementelor cazanelor de abur ; toleranțe pentru elementele cazanelor de abur ; armătura ; pompele de alimentare ; regimul apei pentru cazanele de abur ; prepararea apei înainte de introducerea în cazane și în interiorul cazanului ; coroziunea metalelor la cazanele de abur, sălile de cazane ; regulile inspectoratului controlului de cazane pentru deservirea cazanelor ; controlul prin inspectori ; defectarea și repararea elementelor de cazane de abur ; condițiile speciale puse de Inspectorat pentru recipientele funcționînd sub presiune ; calculul recipientelor care lucrează sub presiune ; execuția recipientelor și toleranțele lor ; tuburi pentru gaze comprimate, lichefiate și dizolvate ; cisterne și butoaie pentru transportul gazelor lichefiate ; cerințele generale ale controlului cazanelor cu privire la conducte ; proiectarea, executarea și montarea conductelor ; controlul prin inspecție ; elementele dispozitivelor de ridicare ; macarale ascensoare ; anchetarea și evidența avariilor cazanelor de abur ; avariile recipientelor care lucrează sub presiune ; avariile conductelor ; avariile macaralelor :

A apărut



EDITURA ENERGETICĂ DE STAT

E 2032
1

Institut. de Documentare Tehnică
BUCUREȘTI
OBMEH - CSERE
VYMENA - WYMIANA
TAUSCH - CMEHA

KAT

ENERGETICA și HIDROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R. ȘI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ȘI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

11-12

EDITURA ENERGETICĂ DE STAT
1954

ENERGETICA ŞI HIDROTEHNICA

Apare lunar sub îngrijirea unui Comitet de Redacţie

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ŞI AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI INDUSTRIEI ELECTROTEHNICE

Anul II ★ 1954 ★ Nr. 11-12 Redacţia: Bucureşti, str. I. Ghica nr. 3 ★ Tel. 3.07.30 3.57.28

Országos Műszaki Könyvtár TULAJDONA

SUMARUL

Pag.

N. Gheorghiu şi *P. Militaru*: Sistemul de distribuţie a energiei electrice doi conductori-pământ, primele rezultate ale aplicării acestui sistem în R.P.R. 371

A. Mişu: Termoficarea urbană. II. Soluţii de principiu şi forme de realizare. 382

N. Antonescu: Ecranarea în construcţia şi modernizarea cazanelor de abur. 391

C. Penescu: Consideraţii asupra sistemelor de protecţie prin curenţi purtători de înaltă frecvenţă 395

A. Avramescu şi *T. Cănescu*: Rolul şi avantajele fuzibilelor cu întîrziere. 407

A. Bărglăzan: Contribuţii la studiul şi proiectarea turbinelor Francis pentru căderi variabile . . . 416

O. Braester: Contribuţie la problema calculului forţei şi centrului de presiune hidrostatică. . . . 423

V. Voicu: Instalaţie mobilă de ventilaţie cu aerisire directă pentru lucrări în interiorul utilajului industrial încălzit 427

DIN EXPERIENŢA ÎNTREPRINDERILOR

D. Brebenel şi *S. Catz*: În legătură cu consumul specific de uleiuri lubrifiante în centralele termoelectrice. 431

S. Finţi şi *N. Drăguleanu*: Cum s-a obţinut reducerea timpului normat la lucrările de reparaţie a echipamentului electromecanic la o centrală electrică 434

PE MARGINEA CONSFĂTUIRILOR PE ŢARĂ

A. Gafiţeanu: Realizări în îmbunătăţirea factorului de putere în sistemul energetic din exploatările petrolifere. 435

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Н. Георгиу и *П. Милитару*: Система электропередачи д п з. Первые результаты применения этой системы в Р.Н.Р. 371

А. Мишу: Городская теплофикация. II. Принципиальные решения и формы исполнения 382

Н. Антонеску: Экранирование в конструкции и модернизации котлов 391

К. Пенеску: О системах защиты несущими токами в. ч. 395

А. Аврамеску и *Т. Канеску*: Роль и преимущество инерционных плавких вставок 407

А. Быргазан: Вклад в дело изучения и проектирования турбин Франсис переменного напора 416

О. Браештер: К вопросу о расчете силы и центра гидростатического давления 423

В. Войку: Передвижная вентиляционная установка непосредственного обдувания для работ внутри нагретого промышленного оборудования 427

ИЗ ОПЫТА ПРЕДПРИЯТИЙ

Д. Бребенел и *С. Кац*: В связи с удельным расходом смазочных масел на ТЭС 431

С. Финци и *Н. Драгуляну*: Как добились снижения нормированного времени п, и ремонте электромеханического оборудования электростанции 434

К РЕСПУБЛИКАНСКИМ СОВЕЩАНИЯМ

А. Гафицяну: Достижения в повышении коэффициента мощности в энергетической системе нефтяных разработок 435

REDACȚIA: București, str. I. Ghica nr. 3
Raionul Tudor Vladimirescu
Telefon: 30730—35726

SISTEMUL DE DISTRIBUŢIE A ENERGIEI ELECTRICE DOI CONDUCTORI-PĂMÎNT, PRIMELE REZULTATE ALE APLICĂRII ACESTUI SISTEM IN R.P.R.

Ing. N. GHEORGHIU şi ing. P. MILITARU

Sistemul de distribuţie a energiei electrice doi conductori-pămînt este utilizat pe scară largă în Uniunea Sovietică la liniile de 3–35 kV folosite pentru electrificări rurale, prin adoptarea acestui sistem realizîndu-se economii importante la materiale şi în general la cheltuielile de investiţie. In acest articol, se prezintă bazele teoretice ale sistemului doi conductori-pămînt, problemele tehnice specifice, care intervin la proiectarea, executarea şi exploatarea reţelelor care funcţionează după acest sistem şi se dau primele rezultate ale aplicării sistemului în ţara noastră.

I. Introducere

Adoptarea soluţiei tehnice a folosirii pămîntului drept unul din conductori la reţelele electrice trifazate (sistemul doi conductori-pămînt sau pe scurt sistemul *DCP*) permite să se realizeze economii importante la cheltuielile de investiţie pentru linii şi staţii.

Datorită unor particularităţi de funcţionare, reţelele executate după sistemul *DCP* se

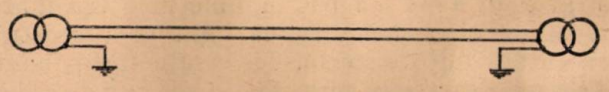


Fig. 1 Schema principală a sistemului doi conductori-pămînt

folosesc la tensiuni de 3—35 kV şi sînt recomandate pentru electrificări rurale.

Schema principală a sistemului doi conductori-pămînt este reprezentată în fig. 1. Una din fazele reţelei este legată la pămînt atît la transformatorul de alimentare, cît şi la transformatorii coborîtori, astfel că în faza legată la pămînt curentul se închide prin pămînt.

La prima vedere ar părea foarte natural să se utilizeze într-o măsură cît mai mare drept conductor pămîntul, deoarece teoretic prezintă o secţiune infinită, cu alte cuvinte rezistenţa sa electrică în curent continuu este egală cu zero. Există totuşi o serie de probleme tehnice, care trebuie rezolvate înainte de a trece la întrebuinţarea pămîntului drept conductor şi care nu face raţională această întrebuinţare decît în anumite condiţii.

Ideia folosirii pămîntului drept conductor nu este nouă. Ea a fost formulată încă în anul 1842 de academicianul rus B. S. Iacobi, însă ideea a rămas fără urmări practice.

Pionierul folosirii pămîntului drept conductor poate fi considerat electrotehnicianul rus N. M. Alekseev născut în 1851. În 1882 Secţia Electrotehnică a Asociaţiei Tehnice Ruse a organizat la Petersburg o expoziţie cuprinzînd obiectele expuse la expoziţia mondială de la Paris din anul 1881. La această expoziţie a fost prezentată o instalaţie telefonică cu un conductor aerian, celălalt conductor, fiind pămîntul. Alekseev care era membru al asociaţii amintite, a fost apărătorul ideii utilizării pămîntului chiar la curenţi intenşi. El a declarat textual la o şedinţă a asociaţiei: „pămîntul poate fi folosit fără pericol drept conductor chiar la curenţii cei mai intenşi... experienţa arată că pămîntul nu este periculos în compunerea circuitului galvanic" [1].

Posibilitatea folosirii pămîntului drept conductor la liniile trifazate de înaltă tensiune din zonele rurale a fost prezentată în 1923 de către electrotehnicianul francez Georges Viel [2]. Propunerea lui Viel a întîmpinat multe obstacole dintre care cel mai puternic a fost un aliniat din regulile tehnice franceze în vigoare la acea dată, aliniat care interzicea folosirea pămîntului drept conductor. În articolul său, Viel a arătat că dacă această prevedere a regulilor există încă, aceasta se datora faptului că nimeni pînă atunci nu a cerut înlăturarea ei. În acelaşi articol se citează de asemenea în legătură cu aceeaşi problemă, experienţe reuşite efectuate în anii 1906 şi 1907 în regiunea dintre Lancey şi Grenoble de către Barbillion şi Brylinski.

Ca exemplu de folosire a pămîntului drept conductor este dată în tehnica apuseană reţeaua de înaltă tensiune de curent continuu pusă în funcţiune încă în anul 1906 de René Thury în Elveţia, reţea la care pămîntul serveşte drept conductor de întoarcere. Trebuie amintită de asemenea utilizarea apei de mare pentru conducerea curentului, realizată la instalaţiile de alimentare cu curent continuu de înaltă tensiune a insulei suedeze Gottland, unde unul din conductori este un cablu monofilar aşezat în apă, iar apa mării este al doilea conductor.

Cu toate cercetările teoretice şi realizările practice, în tehnica apuseană nu s-a trecut la realizarea de instalaţii electrice de curent alternativ folosind pămîntul drept conductor.

În Uniunea Sovietică, studierea problemelor tehnice ale sistemului doi conductori-pămînt a început în 1930, din tendinţa de a se economisi cît mai multe materiale şi aparate pentru marile lucrări de electrificare, care se efectuau în acea epocă. Sub conducerea inginerului P. S. Oreşkinski, s-au executat studii teoretice asupra sistemului *DCP* şi verificări experimentale în reţeaua de 35 kV Lenenergo. Pe baza acestor

studii, acest sistem a fost introdus prima oară în anul 1932 pe o porţiune experimentală de 23 km lungime din linia de 35 kV Rjevca-Suvalovo, care deservea staţia de transformare Suvalovo, echipată cu trei transformatori de 35/6 kV, 500 kVA.

În urma rezultatelor obţinute, s-a dus o muncă susţinută şi organizată pentru rezolvarea problemelor tehnice de proiectare, executare şi exploatare a reţelelor folosind pămîntul drept unul din conductorii de fază şi pentru utilizarea acestor reţele pe o scară cît mai largă. Astfel s-a ajuns că pînă în 1939, existau în exploatare în Uniunea Sovietică circa 1 200 km reţele *DCP* de înaltă tensiune 3—35 kV, care erau în general reţele rurale.

După ultimul război, reţelele *DCP* au căpătat o răspîndire încă mai mare în U.R.S.S., datorită creşterii masive a electrificărilor rurale. Într-o serie de cazuri asemenea reţele au început să se întrebuinţeze şi pentru alimentarea consumatorilor industriali. Astfel Sibanov a prezentat rezultatele exploatării a două linii *DCP* de 35 kV pentru deservirea şantierelor petrolifere, prima în lungime de 3 km pusă în funcţiune în 1945 şi a doua în lungime de 4 km pusă în funcţiune în 1946 [6]. Pînă în 1953 lungimea totală a liniilor folosind pămîntul drept conductor era în Uniunea Sovietică de peste 10 000 km. Exploatarea în decurs de mulţi ani a liniilor electrice funcţionînd după schema *DCP*, în diferite condiţii de climă şi teren, a arătat că utilizarea sistemului este deplin justificată.

Începînd din anul 1948 sistemele folosind pămîntul drept unul din conductori au fost introduse de asemenea în R.P. Ungară, aşa cum rezultă din articolele publicate într-un număr al revistei Electrotechnika din 1952, număr consacrat în întregime acestor sisteme [14]—[17].

În decembrie 1948 a fost experimentat sistemul la linia monofazată de 20 kV Balinka-Nagyveleg, iar pe baza rezultatelor satisfăcătoare obţinute s-a dat în exploatare în martie 1949 linia *DCP* Vac-Nogradul de Nord. Pînă la sfîrşitul lunii iulie 1951 au fost puse în funcţiune linii monofazate şi trifazate folosind pămîntul drept unul din conductori în lungime totală de circa 530 km.

În ţara noastră prescripţiile, privind influenţa perturbatoare a liniilor de energie asupra liniilor de telecomunicaţii, apărute în colecţia de norme şi prescripţii IRE nr. 11, prescripţii care au fost în vigoare pînă în 1949, prevedeau textual la articolul 67 : „Liniile de energie, a căror tensiune faţă de pămînt trece de 250 V, nu vor utiliza pămîntul drept conductor". Standardul 832-49 tratînd despre „Limitarea efectelor de inducţie asupra liniilor de telecomunicaţii", standard care este şi astăzi în vigoare, prevede la art. 76 „pămîntul nu va fi folosit în mod permanent pentru transmiterea energiei în nici o instalaţie de energie înafara de cele de tracţiune". Se menţionează că acest articol a fost redactat prin transformarea unei recomandări din directivele internaţionale respective [20] în interzicere categorică de a se folosi pămîntul drept conductor, ceea ce a fost bine înţeles o greşeală.

În lunile noiembrie 1942 şi ianuarie-februarie 1943, unul din autori a întreprins experienţa asupra utilizării sistemului *DCP* la linii aeriene de 5 kV, folosind puţina documentaţie sovietică existentă atunci în ţara noastră. Primele experienţe au fost efectuate asupra unei linii de 5 kV de 0,1 km lungime şi următoarele asupra unei linii de 5 kV de 0,485 km lungime, echipată cu doi conductori de 10 mm² cupru. Pe baza acestor experienţe a întocmit apoi proiectul unei linii de 15 kV între Soldanu şi Curcani (comune din regiunea Bucureşti) în lungime de circa 4,7 km.

Din păcate acest proiect şi în general utilizarea sistemului *DCP* nu au găsit înţelegerea şi sprijinul necesar, astfel că nu s-a putut trece la aplicarea acestui sistem la reţelele electrice rurale.

După punerea în aplicare a planului de electrificare a Republicii Populare Romîne şi ţinînd seama de dezvoltarea tot mai mare luată de electrificările rurale, a apărut necesitatea introducerii sistemului *DCP* în ţara noastră. În anul 1953 s-a proiectat de un colectiv de ingineri*) şi în anul 1954 s-a pus în funcţiune cea dintîi reţea de electrificări rurale din ţara noastră, executată după sistemul doi conductori-pămînt. Această reţea este formată din trei linii de 15 kV în lungime totală de circa 20,9 km alimentate de la o staţie de 35/15 kV, 1 000 kVA. La aceste linii *DCP* de 15 kV sînt legate un număr de şapte posturi de transformare 15/0,4 kV, care alimentează cu energie electrică o serie de sate din regiunea Brăila. Rezultatele exploatării acestor linii vor fi prezentate în cele ce urmează.

Se menţionează că cercetările ştiinţifice pentru elaborarea de noi scheme economice pentru transportul energiei electrice au continuat în Uniunea Sovietică. Revista Electricestvo a publicat în 1952 două scheme de acest fel propuse de V. V. Andreev şi de L. E. Ebin, anume sistemul de transport al energiei electrice cu patru faze folosind transformatori trifazaţi (sistemul dublu *DCP*) şi sistemul cu şase faze, format din trei sisteme trifazate. Aceste sisteme noi de transport al energiei electrice nu au ieşit încă din faza de studiu şi experienţă şi nu au fost încă utilizate în practică.

Condiţiile tehnice specifice pe care trebuie să le îndeplinească reţelele *DCP* (linii şi staţii) sînt stabilite în următoarele reguli şi prescripţii sovietice, care tratează problemele tehnice specifice acestor reţele :

— construcţia instalaţiilor electrice rurale [9];

— punerea la pămînt a instalaţiilor electrice cu tensiune peste 1 000 V [9];

— reguli de protecţie a instalaţiilor de telecomunicaţii şi semnalizare împotriva acţiunii dăunătoare a instalaţiilor de curenţi tari [10].

*) Din acest colectiv au făcut parte înafară de autori şi ing. I. Popoviciu.

Bineînțeles că rețelele *DCP* trebuie să satisfacă și celelalte condiții tehnice prevăzute în regulile și prescripțiile privind instalațiile electrice.

Problemele tehnice specifice rețelelor *DCP* care trebuie să fie soluționate la proiectarea, executarea și exploatarea rețelelor *DCP* sînt următoarele :

a) *Izolația liniilor și stațiilor.* La aceste rețele tensiunile față de pămînt cresc de $\sqrt{3}$ ori prin legarea unei faze la pămînt, rezultînd solicitări sporite pentru izolația liniilor, transformatorilor și aparatelor racordate la aceste rețele.

b) *Calculul electric.* Curentul pe o fază curgînd prin sol, la calculul impedanțelor trebuie să se țină seama de repartizarea curentului în sol. Impedanțele pe fază ale liniilor *DCP* fiind diferite pe fazele aeriene și pe faza-pămînt, trebuie să se studieze metodele pentru calculul pierderilor de tensiune în linie și pentru calculul curenților de scurtcircuit.

c) *Nesimetria curenților și tensiunilor.* Înlocuirea unui conductor aerian cu pămîntul face ca rețeaua *DCP* să nu mai fie simetrică, deci la aceste rețele trebuie să se cerceteze dacă nesimetria de curenți și tensiuni care rezultă, nu întrece limitele admisibile.

d) *Punerile la pămînt.* Pentru a înlătura pericolul de electrocutare pentru oameni și animale, punerile la pămînt de serviciu trebuie să fie proiectate și executate cu deosebită grijă, deoarece sînt străbătute în permanență de curentul pe fază.

e) *Influența asupra liniilor de telecomunicații și de semnalizări și măsurile de protecție.* Cîmpul magnetic al buclei formată de conductorii de fază și pămîntul induc forțe electromotoare în conductorii liniilor de telecomunicații și de semnalizări, chiar la funcționarea fără defecte a liniilor de energie electrică.

f) *Alte probleme tehnice* de proiectare, executare și exploatare specifice acestor rețele.

2. Izolația liniilor și stațiilor

La rețelele *DCP*, prin legarea unei faze la pămînt, tensiunile față de pămînt cresc de $\sqrt{3}$ ori, adică devin egale cu tensiunile dintre faze de la rețelele trifazate obișnuite.

Neutrul transformatorilor funcționează sub tensiunea de fază, iar bornele fazelor nelegate la pămînt sub tensiunea între faze. De aceea transformatorii legați la rețelele *DCP* trebuie să aibă izolația neutrului dimensionată cel puțin pentru tensiunea pe fază.

Izolația conductorilor liniilor și stațiilor ale rețelelor funcționînd după schema *DCP* nu trebuie totuși dimensionată mai mult decît izolația rețelelor obișnuite cu trei conductori. Izolația unei instalații electrice ar trebui să suporte supratensiunile interioare (de comutație) și cele exterioare (atmosferice). Supratensiunile interioare depind de tensiunea de serviciu a instalației, atingînd valori de $4E_n - 4{,}5\ E_n$ (E_n fiind tensiunea pe fază). Aceste supratensiuni determină limita inferioară a izolației. Supratensiunile atmosferice impun un nivel mai ridicat al izolației și sînt independente de tensiunea de serviciu a instalației. Izolația instalațiilor electrice se alege totuși conform prescripțiilor tehnice actuale proporțională cu tensiunea de serviciu, admițîndu-se ca la instalațiile cu tensiunea de serviciu mai mică siguranța de funcționare să fie mai redusă, iar numărul de avarii mai mare decît la instalațiile cu tensiune de serviciu mai ridicată. Această prevedere a prescripțiilor este rațională, deoarece instalațiile cu tensiuni de serviciu mai mici transportă totdeauna puteri mai mici, deci avariile acestor instalații provoacă prejudicii mai puțin importante pentru economia de stat în comparație cu instalațiile cu tensiuni de serviciu mai ridicate. Izolația conductorilor liniilor aeriene și stațiilor făcînd parte din rețelele *DCP* trebuie să fie deci dimensionată în funcție de tensiunea nominală a instalației la fel ca la instalațiile obișnuite, după prevederile prescripțiilor tehnice.

În legătură cu creșterea tensiunii pe fază la rețelele *DCP* trebuie să se cerceteze influența acestei creșteri asupra vieții izolatorilor, care depinde de pierderile prin izolatori. Aceste pierderi sînt apreciabile și trebuie luate în considerare numai la tensiuni mai mari de 35 kV.

Valoarea pierderilor prin izolatori se exprimă prin tangenta unghiului de pierderi. Experimental s-a stabilit că prin creșterea tensiunii față de pămînt de $\sqrt{3}$ ori la liniile *DCP*, care au tensiuni nominale de cel mult 35 kV, tangenta unghiului de pierderi rămîne totuși sub valoarea maximă admisibilă, care se întîlnește la izolația liniilor de tensiune mai înaltă.

În consecință, rezultă că izolația unei linii electrice, care a funcționat în condiții normale sub o tensiune pînă la 35 kV inclusiv, poate fi întrebuințată și în noul sistem, fără ca durata de serviciu a izolației să fie mai mică decît cea prescrisă.

Elementele constructive ale unui transformator legat la o rețea *DCP* sînt supuse unui cîmp electric alternativ repartizat altfel decît în cazul normal de funcționare. Cauzele acestor schimbări sînt :

a) modificarea capacității spirelor și a diferitelor elemente ale transformatorului datorită legării la pămînt a unei faze ;

b) ridicarea potențialului diferitelor puncte ale spirelor în raport cu pămîntul.

Rezultă o mărire a gradientului tensiunii în straturile de izolație (de exemplu între spire), care nu trebuie să depășească limitele admisibile. Supratensiunea, datorită legării la pămînt a unei faze, depinde de constantele rețelei conectate la transformator și de caracteristicile bobinelor transformatorului, adică de grosimea și constanta dielectrică a izolației între bobine. Din cauza acestei noi repartizări a tensiunii, este necesar să se verifice valoarea gradientului în izolația transformatorului. Se menționează că majoritatea transformatorilor, a căror tensiune înaltă este cel mult egală cu 35 kV, îndeplinesc

condiţiile de funcţionare la reţelele *DCP*, cu o uşoară întărire a izolaţiei capetelor înfăşurărilor.

Regulile sovietice pentru construcţia instalaţiilor electrice rurale nu permit ca generatoarele şi motoarele electrice de înaltă tensiune să fie racordate direct la reţelele *DCP*. Conectarea maşinilor electrice rotative la reţelele *DCP* face ca aceste maşini să funcţioneze permanent cu o fază la pământ, deci rezultă o micşorare a coeficientului de siguranţă a izolaţiei maşinilor. De aceea în centralele electrice unde generatoarele debitează chiar la tensiunea liniilor *DCP*, nu se recomandă legarea directă a generatoarelor la linii, ci trebuie să se prevadă un transformator de izolaţie cu raportul de transformare 1/1, sau să se monteze un transformator ridicător, adoptînd pentru liniile *DCP* o tensiune superioară. De asemenea motoarele electrice de înaltă tensiune nu pot fi legate decît la reţelele *DCP*, ci trebuie să fie separate de aceste reţele prin transformatori. Problema funcţionării maşinilor electrice rotative conectate direct la reţele *DCP* nu este suficient de bine studiată, astfel că este posibil ca studii mai aprofundate ce se vor întocmi în viitor să arate că aceste restricţii nu sînt totdeauna necesare.

3. Calculul electric al liniilor doi conductori-pământ

Pentru calculul căderilor de tensiune şi pierderilor de putere în liniile *DCP*, trebuie să se cunoască impendanţele pe fază ale acestor linii.

Impedanţele reţelelor electrice obişnuite sînt practic aceleaşi pe fiecare fază la funcţionarea normală a acestor reţele, cu alte cuvinte, reţelele sînt simetrice. Diferenţele mici, care există între inductanţele şi capacităţile diferitelor faze ale unei linii aeriene, datorită aşezării conductorilor de stîlpi, se înlătură aproape complet prin efectuarea de transpuneri corespunzătoare ale conductorilor. Liniile aeriene *DCP* avînd tensiuni pînă la 35 kV, capacităţile sînt neglijabile şi nu se iau de obicei în considerare.

Pentru calculul impedanţelor pe fază ale liniilor *DCP* trebuie să se ia în considerare repartizarea exactă a curentului în pământ. Trecerea curentului în pământ reprezintă o problemă grea, care a fost studiată de mulţi cercetători care au stabilit o serie de formule practice pentru calculul acestor impedanţe [12], [14], [18], [20].

Trecerea curentului continuu prin pământ se face printr-o secţiune transversală infinită, astfel că rezistivitatea solului are importanţă numai la trecerea curentului în apropiere de prizele de pământ, deoarece în aceste zone secţiunea care stă la dispoziţia curentului este relativ mică. Deci, înafară de rezistenţa electrică a prizelor de pământ, rezistenţa ohmică a pământului (în curent continuu) este egală cu zero.

La trecerea unui curent alternativ printr-o buclă formată de un conductor şi pământul, fenomenul inducţiei modifică cu totul modul de trecere a curentului prin pământ de-a lungul buclei, manifestîndu-se printr-o împingere a curentului din interiorul pământului către axa conductorului liniei electrice. Densitatea de curent este mai mare sub conductor şi descreşte în adîncime şi de ambele părţi ale conductorului. În mod practic curentul străbate o zonă limitată de ambele părţi ale conductorului şi urmăreşte traseul conductorului de-a lungul liniei.

Pentru calculul impedanţelor la liniile electrice, folosind pământul drept conductor, rezultatele cele mai apropiate de valorile experimentale se obţin cu ajutorul relaţiilor stabilite în acelaşi timp şi independent unul de celălalt de către Carson şi Pollaczek, relaţii bazate pe consideraţiile cele mai juste din punct de vedere fizic. La stabilirea acestor relaţii se fac următoarele ipoteze simplificatoare :

a) pământul este un conductor prelungit infinit sub planul format de suprafaţa solului ;

b) pământul este o masă omogenă de rezistivitate electrică uniformă ;

c) conductorul aerian este de lungime infinită, iar intensitatea curentului în acest conductor este constantă în orice secţiune a sa ;

d) curentul în sol este în orice punct paralel cu conductorul aerian.

Aceste ipoteze neglijează concentrarea densităţii de curent în locurile unde sînt efectuate punerile la pământ, ceea ce limitează aplicarea formulelor astfel obţinute numai la porţiuni lungi rectilinii depărtate de extremităţile liniei, la care este făcută legătura cu pământul. Formulele stabilite de Carson au fost simplificate de Clem, fără ca prin aceasta erorile să depăşească 1%.

Impedanţa pe unitate de lungime a unui circuit infinit de lung format dintr-un conductor aerian şi din pământ (circuit electric monofazat cu întoarcere prin pământ) este dată de formula următoare stabilită de Carson şi Clem

$$\bar{Z}_{cp} = r_{cond} + r_g + 4{,}6\, j\, \omega\, 10^{-4} \lg \frac{D_g}{r_{ech}} =$$

$$= r_{cond} + r_g + j\, 0{,}1447 \lg \frac{D_g}{r_{ech}} \ [\Omega/\text{km}] \qquad (1)$$

unde mărimile r_g şi D_g sînt date de formulele :

$$r_g = \frac{\pi \omega}{2} \cdot 10^{-4} \ [\Omega/\text{km}] \qquad (2)$$

$$D_g = \frac{0{,}21}{\sqrt{f \cdot \sigma \cdot 10^{-9}}} \ [\text{cm}] = \frac{2{,}1 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{f \cdot \sigma \cdot 10^{-9}}} \ [\text{m}] \qquad (3)$$

iar celelalte notaţii au următoarele semnificaţii :

r_{cond} este rezistenţa conductorului aerian $\left[\frac{\Omega}{\text{km}}\right]$;

$\omega = 2\pi f$ — pulsaţia curentului ;

f — frecvenţa curentului [Hz] ;

r_{ech} — raza echivalentă a conductorului

σ — conductivitatea pământului $\left[\frac{1}{\Omega\ \text{cm}}\right]$.

Mărimea r_g este rezistenţa electrică a căii de trecere a curentului alternativ prin pământ. Din relaţia (2) rezultă că rezistenţa activă (de

curent alternativ) a pămîntului nu depinde de rezistivitatea solului, ci numai de frecvenţa curentului. Pentru frecvenţa industrială de 50 Hz, $r_g = 0{,}05\ \Omega/\text{km}$.

Din expresiile (1) şi (3) rezultă că linia electrică de curent alternativ cu un singur conductor metalic aerian şi cu pămîntul drept conductor de întoarcere poate fi înlocuită printr-o linie fictivă cu doi conductori metalici, avînd distanţa între conductori D_g. Distanţa D_g poate fi denumită adîncimea echivalentă de scurgere a curentului alternativ prin pămînt şi depinde de conductivitatea solului şi de frecvenţa curentului. Cu cît pămîntul este mai bun conductor (σ mai mare) cu atît distanţa D_g este mai mică, deci curentul circulă mai la suprafaţa solului. Ca valoare medie a distanţei D_g se ia de obicei 1 000 m, corespunzătoare unei valori a conductivităţii de circa $10^{-4}\ \frac{1}{\Omega\ \text{cm}}$.

Impedanţa mutuală între două circuite monofazate cu întoarcere prin pămînt, care au conductorii aerieni situaţi la distanţa orizontală D şi la aceeaşi înălţime faţă de pămînt, se calculează cu expresia următoare stabilită de Carson şi Clem

$$\bar{Z}_m = r_g + 4{,}6 \cdot j \cdot \omega \cdot 10^{-4} \lg \frac{D_g}{D} = \\ = r_g + j\,0{,}1447 \lg \frac{D_g}{D}\ [\Omega/\text{km}] \qquad (4)$$

Expresiile (1) şi (4) sînt scrise într-o formă diferită de cea dată de Carson şi Clem.

Pentru calculul impedanţelor pe fază ale liniilor *DCP* se notează cu *C* — pămîntul care serveşte ca al treilea conductor şi cu *A*, *B* — cei doi conductori metalici, presupuşi aşezaţi simetric faţă de pămînt. Prin conductorii aerieni trec curenţii I_A şi I_B, iar prin pămînt curentul I_C (fig. 2). Linia trifazată *DCP* se consideră formată din două linii monofazate, cu întoarcere prin pămînt şi străbătute de curenţii I_A şi I_B.

Prin impedanţe pe fază se înţeleg impedanţele conectate în stea, la care aplicînd tensiuni trifazate simetrice, curenţii pe faze vor fi egali cu cei de pe linia *DCP*.

Făcînd calculele, se obţine următoarele formule pentru impedanţele fazelor aeriene:

$$\left.\begin{aligned} \bar{Z}_A = \bar{Z}_B = \bar{Z}_{cp} - \bar{Z}_m = r_{cond} + j\,0{,}1447 \lg \frac{D}{r_{ech}} = \\ = r_l + j x_l \\ \bar{Z}_c = \bar{Z}_m = r_g + j\,0{,}1447 \lg \frac{D_g}{D} \end{aligned}\right\} (5)$$

în care r_l şi x_l sînt rezistenţa şi reactanţa pe fază a unei linii trifazate obişnuite.

La calculul impedanţei fazei - pămînt *C* trebuie să se ia în considerare şi rezistenţele prizelor de pămînt, prin care curentul intră şi iese din pămînt, astfel că impedanţa acestei faze se calculează cu expresia:

$$\bar{Z}'_0 = \left(r_g + j\,0{,}1447 \lg \frac{D_g}{D}\right) l + R_{priză1} + \\ + R_{priză2}\ [\Omega] \qquad (6)$$

Din punct de vedere al rezistenţei active, teoretic pămîntul este echivalent cu un conductor de cupru de 400 mm² secţiune, neluînd în considerare rezistenţele prizelor. Reactanţa inductivă a căii curentului prin pămînt rezultată din teoria

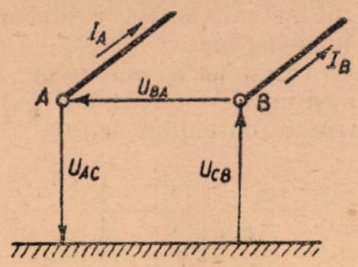


Fig. 2

Carson, are de asemenea valori apropiate de reactanţa pe fază a conductorilor aerieni.

Rezultă că în majoritatea cazurilor căderile de tensiune pe fazele aeriene ale liniilor *DCP* sînt teoretic şi practic mai mari decît pe faza-pămînt, astfel că folosirea pămîntului drept unul din conductorii de fază nu necesită mărirea secţiunii conductorilor folosiţi.

Căderea de tensiune pe faza -pămînt poate fi mai mare decît căderea de tensiune pe faza aeriană, numai în cazul cînd staţia de alimentare a reţelei ar fi prea apropiată de posturile de transformare şi rezistenţele prizelor de pămînt ar face să crească rezistenţa activă a fazei-pămînt peste rezistenţele active ale fazelor aeriene. Acesta este însă un caz extrem, care în practică nu poate avea loc, deoarece într-un astfel de caz însuşi sistemul *DCP* nu mai este economic.

Deoarece căderile de tensiune pe fazele aeriene sînt mai mari decît la faza-pămînt, calculul căderilor de tensiune la liniile *DCP* se face pentru fazele aeriene, utilizînd aceleaşi formule ca la liniile trifazate obişnuite.

Pierderile de putere în faza-pămînt, sînt de asemenea în majoritatea cazurilor mai mici decît în fazele aeriene.

Calculul curenţilor de scurtcircuit trifazat, necesari pentru alegerea şi verificarea conductorilor şi aparatelor electrice la solicitări de scurtcircuit, se poate efectua la fel ca la reţelele simetrice, la exactitatea necesară în mod obişnuit pentru aceste calcule.

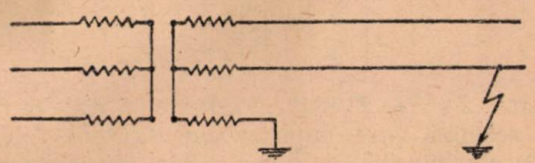


Fig. 3. Punerea la pămînt în reţelele *DCP*

La reţelele *DCP* orice punere monofazată la pămînt reprezintă un scurtcircuit bifazat (fig. 3).

4. Nesimetria curenţilor şi tensiunilor

În orice reţea electrică nesimetria tensiunilor şi curenţilor provoacă încălziri suplimentare ale

înfăşurărilor generatorilor şi motoarelor electrice legate la reţea, astfel că din această cauză se poate întîmpla ca aceste maşini să nu poată fi utilizate la puterile lor nominale. Înafară de încălziri suplimentare ale înfăşurărilor, curenţii nesimetrici produc vibraţii mecanice la generatorii sincroni şi micşorează cuplul de pornire la motoarele asincrone.

Ca măsură a nesimetriei unei reţele, se definesc gradul de nesimetrie a tensiunilor (ε_u) şi gradul de nesimetrie a curenţilor (ε_i) :

$$\left.\begin{aligned} \varepsilon_u &= \left|\frac{\bar{U}_2}{\bar{U}_1}\right| \\ \varepsilon_i &= \left|\frac{\bar{I}_2}{\bar{I}_1}\right| \end{aligned}\right\} \qquad (7)$$

în care : $\bar{U}_1$ şi $\bar{I}_1$ sînt componentele de succesiune directă a tensiunilor, respectiv a curenţilor, iar $\bar{U}_2$ şi $\bar{I}_2$ sînt componentele de succesiune inversă.

Prescripţiile actuale [19] prevăd că „generatorii şi compensatorii sincroni pot funcţiona îndelungat la plină sarcină, cu condiţia ca nesimetria curenţilor pe faze să nu depăşească :

— 10% din curentul nominal al statorului pentru turbogeneratori şi generatori Diesel ;

— 20% pentru hidrogeneratori şi compensatori sincroni".

„În nici o fază însă curentul nu trebuie să depăşească valoarea nominală".

În cazul funcţionării la sarcini mai mici, generatorii şi compensatorii sincroni pot lucra timp îndelungat cu nesimetrie de curenţi pe faze mai mari de 10%, gradul de nesimetrie urmînd a fi determinat prin încercări.

Datorită faptului că reţelele *DCP* nu sînt simetrice, tensiunile şi curenţii pe fază sînt la rîndul lor nesimetrici, chiar atunci cînd receptorii sînt perfect simetrici.

În cazul cînd linia *DCP* este alimentată de un sistem simetric de tensiuni, iar sarcina liniei este simetrică, se poate demonstra că, gradul de nesimetrie a curenţilor este dat de expresia :

$$\varepsilon_i = \left|\frac{\bar{I}_2}{\bar{I}_1}\right| = \left|\frac{\bar{Z}_A - \bar{Z}_C}{2\bar{Z}_A + \bar{Z}_C}\right| \qquad (8)$$

în care : Z_A, Z_B, Z_C sînt impedanţele totale pe fază din schemă care cuprind impedanţele echivalente ale sarcinilor, impedanţele transformatorilor, impedanţele fazelor aeriene A şi B şi impedanţa fazei — pămînt C. În formula (8) intervin numai impedanţele Z_A şi Z_C, deoarece $\bar{Z}_A = \bar{Z}_B$, sarcina liniei fiind simetrică.

În cazul cînd sarcina liniei nu este simetrică, trebuie să se ia în considerare separat impedanţele echivalente directă $\bar{Z}_{S1}$ şi inversă $\bar{Z}_{S2}$ ale sarcinei. Gradul de nesimetrie se calculează în acest caz cu ajutorul relaţiei :

$$\varepsilon_i = \left|\frac{\bar{Z}'_A - \bar{Z}'_C}{2\bar{Z}'_A + \bar{Z}'_C + 3\bar{Z}_{S2}}\right| \qquad (9)$$

în care $\bar{Z}'_A = \bar{Z}'_B$ şi $\bar{Z}'_C$ sînt impedanţele pe fază din schemă, care cuprind impedanţele transformatorilor, impedanţele fazelor aeriene A şi B, impedanţa fazei pămînt C şi impedanţele echivalente directe ale sarcinii ; în impedanţele $\bar{Z}'_A$ $\bar{Z}'_B$ şi $\bar{Z}'_C$ nu se introduc impedanţele inverse ale sarcinii.

Componentele simetrice ale tensiunilor aplicate sarcinii sînt :

$$\bar{U}_1 = \bar{I}_1 \bar{Z}_{S1} ; \qquad \bar{U}_2 = \bar{I}_2 \bar{Z}_{S2}.$$

Gradul de nesimetrie a tensiunilor este deci :

$$\varepsilon_u = \left|\frac{\bar{U}_2}{\bar{U}_1}\right| = \left|\frac{\bar{Z}_{S2}\bar{I}_2}{\bar{Z}_{1S}\bar{I}_1}\right| = \left|\frac{\bar{Z}_{S2}}{\bar{Z}_{S1}}\right| \varepsilon_i. \qquad (10)$$

Pentru consumatori rurali, cu predominare a sarcinilor de iluminat, se poate considera că :

$$\bar{Z}_{S2} = (0{,}5 \div 1)\, \bar{Z}_{S1}$$

iar în cazul sarcinilor pure de iluminat :

$$\bar{Z}_{S2} = \bar{Z}_{S1}.$$

Nesimetria curenţilor şi tensiunilor la reţelele *DCP* creşte cu pierderea de tensiune în linie, însă pentru valori obişnuite ale pierderii de tensiune nu depăşeşte limitele admisibile, astfel că determinarea gradului de nesimetrie nu este necesară în mod special la liniile *DCP*, ci se face numai în cazul unor sarcini nesimetrice ca şi la liniile trifazate obişnuite cu trei conductori [3]. În mod indicativ se pot da următoarele valori ale gradelor de nesimetrie la liniile *DCP*, corespunzătoare unor pierderi de tensiune pînă la 10% :

a) pentru conductorii liniilor *DCP* din metale nefieroase

$$\varepsilon_i < 0{,}01 - 0{,}02 ; \quad \varepsilon_u < 0{,}01$$

b) pentru conductorii masivi de oţel :

$$\varepsilon_i < 0{,}07 ; \quad \varepsilon_u < 0{,}03.$$

5. Punerile la pămînt

La staţia de transformare de alimentare şi la posturile de transformare coborîtoare din reţelele *DCP*, se instalează prize de pămînt de serviciu, prin care se scurg curenţii la pămînt pe una din fazele reţelei. Din cauză că prizele de pămînt de serviciu sînt străbătute în permanenţă de curentul de fază, există pericol pentru viaţa oamenilor şi animalelor, chiar la funcţionarea normală a instalaţiilor, dacă prizele nu sînt proiectate şi executate după anumite reguli.

Pentru a preîntîmpina eventualele accidente omeneşti în timpul scurgerii în pămînt a curentului printr-un dispozitiv de punere la pămînt, este necesar ca valorile maxime ale tensiunii de atingere U_a şi tensiunii de pas U_{pas} să nu depăşească anumite limite stabilite de prescripţii. Raportul dintre funcţiunea de atingere U_a şi tensiunea U_p a prizei de pămînt se numeşte coeficientul tensiunii de atingere :

$$\alpha_a = \frac{U_a}{U_p}. \qquad (11)$$

În mod analog coeficientul tensiunii de pas este definit prin raportul

$$\alpha_{pas} = \frac{U_{pas\ (max)}}{U_p}. \qquad (12)$$

Valorile acestor coeficienţi depind de tipul prizei de pământ. Pentru a asigura valorile admisibile ale tensiunilor de atingere şi de pas, trebuie ca priza de pământ să fie astfel executată, încît tensiunea prizei să nu întreacă valoarea cea mai mică rezultată din expresiile de mai sus (11 şi 12).

Rezistenţa de scurgere a prizei depinde de conductivitatea solului şi de tipul prizei. Conductivitatea solului depinde de compoziţia solului, de umiditatea acestuia, de temperatura sa şi de gradul de îndesare a pământului. Deoarece umiditatea solului depinde de cantitatea precipitaţiilor căzute, conductivitatea solului prezintă o variaţie sezonieră în limite largi. Scăderea temperaturii sub 0°C provoacă îngheţarea apei din sol şi o creştere mare a rezistivităţii sale.

La trecerea curentului prin priză, energia electrică se pierde în rezistenţa prizei, degajîndu-se sub formă de căldură în straturile de pământ din apropierea prizei. La intensităţi mari de curent, încălzirea solului provoacă scăderea conţinutului de umiditate în urma evaporării sale şi ca rezultat, rezistenţa prizei creşte. La atingerea temperaturii de 100°C, are loc o intensă evaporare a umidităţii şi o creştere bruscă a rezistenţii, ceea ce face să iasă din funcţiune priza pentru un timp îndelungat. Din această cauză temperatura prizei nu trebuie să depăşească 100° [21].

Temperatura prizei este determinată de tensiunea prizei faţă de pământ (de potenţialul electric al prizei); astfel la temperatura limită de 100°C, corespunde tensiunea de circa 147 V.

Din punct de vedere al prescripţiilor, reţelele *DCP* se consideră cu curent mare de punere la pământ, deoarece orice punere monofazată la pământ reprezintă un scurtcircuit bifazat.

În regim normal de funcţionare prin prizele de serviciu ale reţelelor *DCP* trece tot timpul curentul de sarcină şi menţine o temperatură a prizei corespunzătoare acestui curent. La punerea accidentală a unui conductor la pământ va avea loc o încălzire suplimentară de scurtă durată a prizelor datorită curentului de scurtcircuit. Luînd în considerare această încălzire suplimentară din regim de avarie, tensiunea prizei în regim normal nu trebuie să depăşească valoarea de 100 V, la care corespunde o temperatură de circa 75°C. Din condiţia de încălzire a prizei, rezultă deci rezistenţa prizei de serviciu din expresia:

$$R \leqslant \frac{100}{I} \qquad (13)$$

în care I este valoarea maximă a curentului de sarcină. Rezistenţa prizei dată de această condiţie trebuie să corespundă perioadei de vară cea mai uscată, deoarece în acest caz nu se ia în considerare creşterea rezistivităţii solului, provocată de îngheţarea sa.

A doua condiţie pe care trebuie s-o îndeplinească prizele de pământ de serviciu rezultă din securitatea pentru oameni şi animale şi cere ca tensiunea prizei faţă de pământ să nu depăşească în regim normal 50 V la instalaţiile *DCP* care funcţionează continuu. Trebuie menţionat că tensiunea sub care se pot găsi oameni şi animale în apropiere de prize va fi mai mică de 50 V, în urma faptului că tensiunile periculoase sînt tensiunile de atingere şi de pas, care reprezintă fracţiuni din tensiunea totală a prizei faţă de pământ. Rezistenţa prizei la staţii şi posturi de transformare, care rezultă din condiţia de securitate a oamenilor şi animalelor se calculează cu expresia:

$$R \leqslant \frac{50}{I} \qquad (14)$$

în care I are aceeaşi semnificaţie ca în expresia (13).

Rezistenţa determinată cu formula (14) trebuie să corespundă valorii sale maxime din cursul anului, luînd în considerare variaţiile sezoniere ale rezistivităţii solului.

Priza de pământ de serviciu trebuie să fie îngrădită pentru a fi ferită de accesul oamenilor şi animalelor, în cazul cînd este dimensionată numai după condiţia de încălzire, cu alte cuvinte cînd satisface numai relaţia (13).

A treia condiţie pentru prizele de pământ de serviciu este prescrisă în regulile sovietice de construcţie a instalaţiilor electrice rurale şi cere ca rezistenţa prizelor de serviciu în orice anotimp să nu depăşească 4 Ω, dacă puterea totală a transformatorilor care alimentează reţeaua *DCP* este mai mică de 3 200 kVA şi să nu depăşească 0,5 Ω, dacă puterea acestora este mai mare de 3 200 kVA.

Condiţiile tehnice enumerate pînă aici se referă la prizele de pământ de serviciu, care se execută separat de prizele de protecţie. Prescripţiile sovietice cer însă ca pentru punerile la pământ de serviciu şi cele de protecţie să fie realizate prize comune, admiţîndu-se excepţii numai dacă executarea lor separată prezintă avantaje tehnice şi economice. În cazul contopirii punerilor la pământ de serviciu şi de protecţie, prizele de pământ trebuie să îndeplinească şi condiţiile tehnice impuse punerilor la pământ de protecţie ale instalaţiilor electrice cu curenţi mari de punere la pământ, anume rezistenţa prizelor la instalaţii cu tensiunea de 35 kV şi mai mult nu trebuie să depăşească 0,5 Ω în orice anotimp.

În conformitate cu regulele de construcţie a prizelor, se admite executarea unei prize comune pentru instalaţii de tensiune pînă la 1 000 V şi pentru instalaţii de tensiune peste 1 000 V satisfăcînd în acelaşi timp condiţiile pentru ambele feluri de instalaţii.

Conductorii de legătură ai punerii la pământ de protecţie trebuie să fie legaţi la prize separat

Dintr-o greşală de montaj, nu s-a ţinut seama de indicaţiile proiectanţilor şi s-au montat iniţial relee maximale de intensitate pe o fază aeriană şi pe o fază pămînt. În această situaţie orice punere la pămînt pe oricare din linii provoacă declanşarea întrerupătorilor de pe toate liniile de 15 kV, astfel că protecţia nu era selectivă. Ulterior s-au mutat releele maximale de intensitate de pe faza-pămînt la o fază aeriană, astfel că protecţia a devenit selectivă şi nu s-au mai produs declanşări ale tuturor plecărilor în cazul unui defect numai pe o linie.

Reţeaua de 15 kV *DCP* este separată electric prin transformatorul de 35/15 kV de reţeaua de 35 kV, funcţionînd cu neutrul izolat.

Protecţia contra supratensiunilor atmosferice a liniilor, staţiei de alimentare şi posturilor de transformare s-a făcut în conformitate cu prescripţiile, deoarece nu este necesar să se adopte măsuri de protecţie speciale pentru reţelele *DCP*.

Prizele de pămînt de protecţie şi de serviciu au fost proiectate de 2 tipuri :

— prize de pămînt obişnuite formate din mai multe ţevi de 2" diametru şi de 2,5 m lungime legate printr-un contur din bandă de oţel de 40 × 4 mm ;

— prizele de pămînt de mare adîncime realizate dintr-o singură ţeavă de 2" diametru şi de 9 m lungime.

Ţevile prizelor de pămînt de adîncime au fost introduse în găuri de 20 cm diametru forate în pămînt. Capătul superior al fiecărei ţevi a fost aşezat la o adîncime de 2 m de la suprafaţa solului, astfel că pentru realizarea prizelor de mare adîncime s-au forat găuri de 11 m în pămînt. Legătura dintre conductorul al treilea al liniei *DCP* şi priza de mare adîncime s-a făcut prin cablu izolat, astfel înlăturîndu-se complet pericolul tensiunii de atingere, rămînînd a se verifica numai valorile tensiunii de pas. Se menţionează că prescripţiile sovietice, după care s-au proiectat prizele de pămînt prevăd că nu este necesar să se construiască în jurul prizelor gard de protecţie, în cazul cînd sînt dimensionate astfel că potenţialul lor să nu depăşească 50 V la curenţii maximi de sarcină. Deoarece la aceste linii se aplică pentru prima dată sistemul *DCP*, pentru mai multă siguranţă, s-au prevăzut totuşi garduri în jurul prizelor de serviciu şi s-au verificat prin măsurători valorile tensiunilor de pas. Rezultatele acestor măsurători au arătat ce avantaje deosebite prezintă prizele de adîncime.

La 1 iunie 1954, liniile de 15 kV *DCP* şi posturile de transformare de 15/0,4 kV respective au intrat în funcţiune, alimentînd mai întîi timp de cîteva săptămîni mai multe arii electrificate. De la acea dată instalaţiile sînt în exploatare, pentru deservirea diverşilor consumatori rurali, fără să se semnaleze deficienţe în funcţionarea lor.

Utilizarea schemei *DCP* la liniile de 15 kV a permis să se realizeze economii importante la cheltuielile de investiţii. Astfel la liniile de 15 kV s-au realizat, prin faptul că nu s-a montat al treilea conductor, o economie la cheltuielile de investiţii de circa 18 000 lei/km, ţinînd seama că economia de investiţii obţinută prin scurtarea stîlpilor acoperă costul prizelor de pămînt suplimentare. Economiile realizate la materiale : conductori, suporţi de izolatori, console, izolatori, au fost de asemenea importante. Astfel, s-au economisit de exemplu 2 400 kg aluminiu, 480 buc. izolatori Δ 15 kV şi 3 700 kg oţel rotund şi laminate pentru suporţi şi console. Economia la cheltuielile de investiţii de circa 18 000 lei/km reprezintă circa 25% din costul unui km de linie de 15 kV pe stîlpi de lemn.

În timpul construcţiei liniilor, staţiei şi posturilor şi după punerea lor în funcţiune s-au executat o serie de măsurători privind :

a) determinarea experimentală a rezistenţei prizelor de pămînt ;

b) repartizarea potenţialului electric în jurul prizelor şi determinarea experimentală a valorii maxime a tensiunii de pas ;

c) determinarea tensiunii induse într-o linie telefonică experimentală ;

d) determinarea experimentală a gradului de nesimetrie.

Aceste măsurători s-au executat periodic şi continuă încă, deoarece rezistivitatea locală a solului, care intervine la calculul prizelor şi rezistivitatea aparentă a solului, care intervine la calculul impedanţelor pe fază şi al tensiunii induse în liniile de telecomunicaţii, variază după anotimp şi după condiţiile locale ale solului, iar măsurători de acest fel s-au executat foarte puţine în ţara noastră, astfel că nu se pot utiliza rezultatele unor măsurători anterioare.

Discutarea tuturor rezultatelor obţinute la măsurători iese din cadrul acestui articol.

Din aceste rezultate se vor menţiona numai cele foarte interesante obţinute la prizele de mare adîncime. Cu ajutorul unui transformator de sudură s-au trimis curenţi de 10—20 A prin prizele de adîncime şi s-au măsurat potenţialele electrice la suprafaţa solului faţă de un punct situat la circa 40 m de priză, punct considerat de potenţial zero. Măsurătorile au arătat că potenţialul maxim la suprafaţa solului reprezintă numai circa 22% din potenţialul prizei, datorită faptului că legătura conductorului aerian cu priza se face prin cablu izolat. În ceea ce priveşte rezistenţele electrice ale acestor prize, valorile lor nu au depăşit 0,35 Ω chiar în cea mai secetoasă epocă a anului.

9. Concluzii

Cu toată lungimea considerabilă a liniilor realizate în Uniunea Sovietică după schema *DCP*, în publicaţiile tehnice sovietice se afirmă că utilizarea acestui sistem nu s-a făcut într-o măsură suficient de largă, ţinînd seama de rezultatele foarte favorabile obţinute în exploatare şi de marile sale avantaje economice. Această afirmaţie este cu atît mai valabilă în ţara noastră, unde introducerea acestui sistem este abia la început. Pe baza rezultatelor şi experienţei cîştigate la reţeaua *DCP* în funcţie, este necesar

să se adopte schema *DCP* la toate lucrările de electrificări rurale, unde utilizarea acestei scheme este rațională. Prin folosirea rețelelor *DCP* se vor putea executa cu aceleași cheltuieli de investiții mai multe lucrări de electrificarea satelor, contribuind și pe această cale la dezvoltarea agriculturii în țara noastră.

Bibliografie

[1] *Alekseev N. M.*: Pionierul utilizării pămîntului în calitate de conductor pentru transmiterea energiei electrice (N. M. Aleksseev — Pioner ispolizovania zemli vcacestve provoda pri peredace electroenerghi) Electricestvo, 2 1951, pag. 79.

[2] *Viel G.*: Distribuția energiei electrice în zonele rurale prin linii de oțel galvanizat sau cupru cu întoarcere prin pămînt, R.G.E. 8(1923).

[3] * * *: Îndreptar pentru electrificarea gospodăriilor sătești (Spravocinic po electrificații seliscovo hoziaistva), Selihozghiz, Moscova, 1949.

[4] *Cuznețov C. N., Zlatcovschi P. A.*: Centrale hidroelectrice rurale, Editura Tehnică, 1952 (trad. din l. rusă).

[5] *Viliciur M. A., Cazarian S. N.*: Despre întrebuințarea sistemului doi conductori-pămînt în condiții de munte (O primenenii sistemî dva provoda — zemlia v gornîh usloviah), Electricestvo, 2 1951, pag. 75—78.

[6] *Sibanov C. V.*: Experiența exploatării liniilor de energie de 35 kV după sistemul *DCP* (doi conductori-pămînt) (Opît ecsploatații linii electroperedaci 35 kV po sisteme *DPZ* — dva provoda zemlia), Energheticeschii Biulleteni, 11 1949, pag. 25—31.

[7] * * *: Experiența exploatării transportului electric la 35 kV după sistemul *DCP* (Opît exploatații electroperedaci 35 kV po sisteme *DPZ*), Electricestvo, 6 1950, pag. 76.

[8] *Ebin E. L.*: Rețele cu utilizarea pămîntului drept unul din conductori (Seti s ispolizovaniem zemli v cacestve odnovo iz provodov). Electriceschie Stanții, 8 1939, pag. 17—23.

[9] Ministerul Centralelor Electrice din U.R.S.S. — Direcția Tehnică: Reguli de executare a instalațiilor electrotehnice — Moscova 1950 (Traducere din limba rusă); Capitolele: Instalații electrice rurale, punerea la pămînt la instalațiile electrice cu o tensiune peste 1 000 V și punerea la pămînt și la neutru a instalațiilor electrice cu o tensiune pînă la 1 000 V.

[10] Institutul de Cercetări Științifice: Reguli de protecție a instalațiilor de telecomunicații și de semnalizări împotriva acțiunii dăunătoare a instalațiilor de curenți tari (Trad. din l. rusă).

[11] *Condahcian V. C.*: Exploatarea transformatorilor, 214 pag. OPED MEE 1951 (Trad. din l. rusă).

[12] *Margolin F. N.*: Curenți de pămînt 175 pag. Editura Energetică de Stat, 1953 (Trad. din l. rusă).

[13] *Cuznețov J. A.*: Tehnica securității în instalațiile electrice ,Editura Tehnică, 1952. (Trad. din l. rusă).

[14] *Otto P. C.* și *Pal K. K.*: Problemele de principii ale rețelelor cu unul dintre conductori pămîntul (A földvezeteses tavvezetekek elvi kérdései), Electrotechnika 4 1952, pag. 100—118.

[15] *Laszlo P., Andreas E.*: Curenți capacitivi în rețele cu conductori pămînt (Kapacitiv aramok a földvezeteses rendszerii halozatokban), Electrotechnika, 4 1952, pag. 119—120.

[16] *Pal I.*: Fenomenele de ferorezonanță și efectele lor în sistemele de distribuție conductori-pămînt (Ferrorezonancia jelenségek és hatasuk földvezeteses energiaeloszto rendszerben), Electrotechnika, 4 1952, pag. 124—131.

[17] *Ianos E.*: Izolația instalațiilor după sistemul conductori-pămînt (Földvezeteses esrendszer vezeteeinek es berendezeseinek szigetelesei). Electrotechnika, 4, 1952, pag. 133—134.

[18] *Olendorff Fr.*: Curenți de pămînt (Erdströme. Grundlagen der Erdschluss — und Erdungsfragen), Verlag. I. Springer, Berlin, 1928.

[19] Ministerul Energiei Electrice și Industriei Electrotehnice: Prescripții de exploatare tehnică a centralelor electrice. Edit. Energetică de Stat, 1954.

[20] Comité Consultatif International Téléphonique (C.C.I.F.): Directive privind protecția liniilor de telecomunicații contra acțiunilor dăunătoare a liniilor electrice industriale (Directives concernant la protection des lignes de télécomunication contre les actions nuisibles des lignes éléctriques industrielles), Ediția de la Roma, 1937, (revăzută la Oslo în 1938).

[21] *Voinea D*: Stabilitatea termică a instalațiilor de punere la pămînt, Energetica, 1 1954, pag. 33—38.

★

СИСТЕМА ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ДПЗ. ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭТОЙ СИСТЕМЫ В Р.Н.Р.

Резюме

Система электропередачи ДПЗ широко используется в Советском Союзе для линий электрификации сельского хозяйства от 3 до 35 кв; применяя эту систему получается значительная экономия материалов и вообще капиталовложений.

В статье даются теоретические основы системы ДПЗ, специфические технические вопросы, появляющиеся при проектировании, конструкции и эксплоатации сетей работающих по этой системе а также первые результаты применения системы в нашей стране.

TERMOFICAREA URBANĂ

II. SOLUȚII DE PRINCIPIU ȘI FORME DE REALIZARE

Ing. A. MIȘU

In prima parte a articolului se examinează, pentru termoficarea urbană, agentul purtător de căldură de la sursa producătoare de energie termică și electrică pînă la consumator, analizîndu-se în continuare soluțiile de principiu care se adoptă pentru configurația rețelelor termice. In a doua parte sînt prezentate o serie de forme constructive în special în ceea ce privește canalele conductelor. Se insistă în concluzie asupra necesității de a se trece la studii de detaliu care să țină seama de condițiile reale din R. P. R. și care vor crea baza necesară de proiectare și realizare în domeniul termoficării urbane.

1. Agentul termic și parametrii săi

Agentul termic, adică fluidul purtător de căldură de la centrala producătoare și pînă la consumator, este determinat, pentru o instalație de transport de căldură, de considerente tehnice și economice pe baza următorilor factori :

— natura sarcinii termice : variația zilnică și sezonieră și temperatura la care consumatorul cere energia termică ce se livrează ;

— sursa termică din care va fi satisfăcut consumul ;

— distanța de transport ;

— reglajul consumului, ca debit și parametrii ai purtătorului de căldură ;

— economia, atît în ceea ce privește prima investiție cît și în ceea ce privește cheltuielile de exploatare ;

— simplitatea instalațiilor din punctul de vedere al construcției, al montajului și al exploatării ;

— condiția ca agentul termic să fie un fluid care să nu atace conductele prin care trece și să nu producă depuneri în aceste conducte (piatră, ulei etc.)

Astfel, în condițiile concrete ale termoficării urbane, se folosesc în mod rațional două fluide : apă caldă sau apă fierbinte (la o temperatură peste 100°) și aburul.

Dintre acești doi agenți apa fierbinte prezintă avantaje care au dus la folosirea ei aproape exclusivă în rețelele de termoficare urbană[6] în toate cazurile cînd nu există și consumuri industriale.

Aceste avantaje sînt :

— posibilitatea de a obține mai multă energie electrică din turbinele de termoficare, presiunea finală a aburului după destinderea în turbine fiind mai mică la prepararea apei fierbinți decît în cazul transportului aburului, care trebuie să pornească cu presiune mărită de la centrală, spre a învinge pierderile din rețea ;

— posibilități mai mari pentru reglarea centralizată ;

— o mare libertate în amplasarea conductelor rețelei ;

— păstrarea apei condensate la centrală. Pierderile de apă condensată se reduc la pierderile în ciclul centralei ;

— inexistența apei condensate care se formează în conductele de transport și distribuție de abur și care trebuie evacuată și recuperată. Dificultățile de reglaj la exploatarea sistemelor de colectare și restituirea de apă condensată duc la o mărire a consumului de căldură ;

— micșorarea numărului surselor posibile de deranjamente în rețea (în legătură cu condensarea aburului pe conducte și cu întoarcerea apei condensate) ;

— reducerea coroziunii ;

— supravegherea mai ușoară a instalațiilor ;

— capacitate de acumulare în apa caldă care circulă.

Trebuie amintite aici și dezavantajele sistemelor de termoficare cu apă :

— o sensibilitate mare la avarii. Avariile în rețelele de aburi nu necesită deobicei oprirea (parțială sau totală) a rețelei. La sistemele de apă trebuie oprit sectorul respectiv ;

— greutatea mare a agentului termic pe unitatea de volum ;

— dificultăți la racordările directe ale consumatorilor prin legătura hidraulică rigidă între rețea și sistemul consumatorului.

Atunci cînd este vorba de o instalație de termoficare mixtă (consum industrial de căldură combinat cu consum de căldură pentru acoperirea nevoilor de trai), problema trebuie examinată special de la caz la caz, soluțiile adaptîndu-se situației specifice.

In orice caz aburul nu se exclude ca fluid purtător de căldură în rețele de termoficare urbană. Cînd există consum tehnologic important, cînd configurația reliefului este foarte variată (și în cazul apei ar creia puncte cu suprapresiuni apreciabile) sau cînd se alimentează cu căldură construcții foarte înalte se utilizează în mod avantajos rețele de abur.

In ceea ce privește parametrii agentului termic, adică a apei fierbinți, trebuie stabilită în primul rînd temperatura apei la plecarea din instalația de preîncălzire și anume temperatura pentru sarcina maximă. Temperatura de întoarcere la sarcina maximă este de 70°, corespunzînd temperaturii maxime de ieșire din corpurile de încălzire (radiatoare).

Ținînd seama de faptul că reglajul rețelelor de termoficare urbană este esențialmente un reglaj calitativ (prin variația temperaturii apei) celelalte regimuri termice se acoperă cu alte perechi de valori de temperaturi de ducere și de întoarcere ale apei, valori ce se citesc pe diagramele de reglaj.

Rămîne astfel de fixat temperatura apei la plecare.

Schemele curente sovietice pentru termoficarea urbană se realizează cu temperatura de plecare a apei fierbinți de 130°.

Prin aceasta se asigură posibilitatea racordării directe a consumatorilor la rețelele termice, prin intermediul elevatorilor (ejectori care amestecă la consumator apa fierbinte cu apa răcită asigurînd o temperatură de intrare în corpurile de încălzire care să nu depășească 90...95°).

Pentru reducerea diametrelor conductelor de ducere și întoarcere apare însă rațională creșterea temperaturii de plecare, menținîndu-se temperatura de întoarcere a apei.

Totuși, această creștere antrenează o oarecare reducere în producția de energie electrică (prin termoficare) și deci o oarecare mărire a consumului de combustibil.

In literatura sovietică de specialitate [5] problema a fost examinată în special prin prisma considerațiilor tehnico-economice.

S-a ajuns astfel la concluzia că la un preț redus de combustibil este avantajoasă o mărire a temperaturii inițiale a apei fierbinți pînă la 170°.... 180°C.

Pe de altă parte însă apare necesitatea înlocuirii elevatoarelor cu schimbătoare de suprafață, radiatoarele nesuportînd presiunea corespunzătoare temperaturii mărite.

2. Schemele de principiu ale rețelelor termice urbane

Alegerea tipului de rețea termică urbană, din punctul de vedere al numărului conductelor și al configurației rețelei este dictată de consumatori. Parametrii la care se cere energia termică livrată, valoarea consumurilor și așezarea geografică a surselor de energie și a consumatorilor sînt elementele care determină alegerea tipului de rețea termică.

Precum s-a arătat mai înainte [8], cînd consumul de căldură constă numai din încălzit, ventilație și livrare de apă caldă pentru scopuri higienice și menajere se folosește sistemul de apă fierbinte, cu două conducte, una de ducere și una de întoarcere.

Cînd există și un consum tehnologic care poate fi satisfăcut prin apă fierbinte de parametrii mai ridicați, se instalează o a treia conductă, pentru apa de parametrii înalți corespunzători cererii. Conducta de întoarcere este comună.

Trebuie amintite aici lucrările de cercetare și proiectele care prevăd îndepărtarea centralei de termoficare din centrul de consum, pînă la distanțe de ordinul 30 km [7].

Scopul noii propuneri preconizate de tehnica sovietică este în special creiarea posibilităților de a folosi orice combustibil, ori cît de inferior, asigurarea cu apă de adaos ieftină și îmbunătățirea condițiilor higienice ale orașului, prin lipsa gazelor de ardere și particulelor solide evacuate cu ele precum și prin lipsa transporturilor de combustinbil, zgură și cenușă în interiorul centrului locuit.

In asemenea cazuri se propune instalarea unei singure conducte pentru apă la parametrii înalți 170°....180°C mergînd chiar pînă la 200°C. După ce apa a asigurat cantitatea de căldură necesară pentru încălzit și ventilație, este utilizată pentru scopuri higienice și menajere în schemă deschisă (vezi mai jos).

Desigur că aceasta impune o sursă puternică și permanentă de apă, precum și instalații corespunzătoare de preparare a apei care se trimite în această rețea cu o singură conductă.

Față de stadiul de început al termoficării cînd consumatorii erau reduși ca număr și ca cerințe de deservire, stadiul actual impune o judicioasă alegere a concepției și configurației rețelelor termice. Prin analogie cu rețelele electrice și de distribuție a gazelor, rețelele termice au fost diferențiate în rețele de transport și de distribuție.

Există totuși o deosebire : la rețelele electrice și de distribuție a gazelor cele două sisteme sînt cuplate în mod obligator prin intermediul stațiilor de transformare sau stațiilor de reducere a presiunii.

La rețelele termice se folosesc stații de preîncălzire sau stații de pompare, care fac legătura între rețeaua de transport și cea de distribuție numai în instalații foarte mari, unde trebuie să lucreze în paralel mai multe surse de energie termică și unde apare necesitatea separării hidraulice a rețelelor de transport de rețelele de distribuție.

Această separare mărește stabilitatea hidraulică a sistemului și permite în același timp a avea în rețeaua de transport temperaturi de ordinul de 170°...180°, iar în cea de distribuție temperatura de 130°, care permite racordarea directă a consumatorilor la rețea.

In cazul schemelor cu stații de preîncălzire purtătorul de căldură poate fi și aburul.

Ambele sisteme amintite sînt mult mai scumpe și complexe în exploatare, decît rețelele fără stații de preîncălzire sau stații de pompare și se justifică, precum s-a spus, numai la rețele foarte mari și distanțe mari de la sursele de energie termică la consumatori.

Din punctul de vedere al suprafeței deservite de o rețea se disting rețelele izolate, alimentate dintr-o singură centrală de termoficare și deservind în centre mari numai o parte din consumatori, și rețelele generale care preiau energia termică din mai multe surse și o distribue tuturor consumatorilor din orașul respectiv. Configurația rețelelor izolate este aceeași fie că alimentează numai o parte a unui anumit oraș, fie că alimentează total un oraș de dimensiuni mai reduse și cu consumatori mai puțin.

Conductele de transport sînt acelea care unesc sursele de energie termică cu un punct din regiunea centrului de greutate al consumului.

Acest punct este stația de preîncălzire (atunci cînd aceasta există) și în acest caz principiul configurației rețelelor de energie electrică și de gaze este transpus total la rețelele termice.

Din stația de preîncălzire începe rețeaua de distribuție din care se ramifică racordurile consumatorilor.

In asemenea scheme parametrii şi chiar natura fluidului purtător de căldură poate fi diferit în cele două sisteme.

In mod convenţional se face diferenţierea între reţele de transport şi reţele de distribuţie şi în sisteme termice unde nu există staţii de preîncălzire. Conducta sau conductele de transport

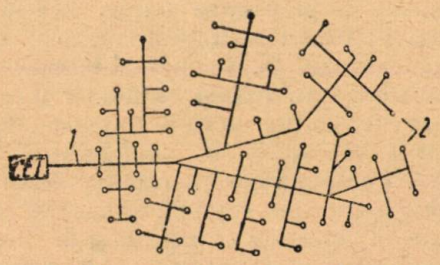


Fig. 1. Schema unei reţele de termoficare urbană cu o singură conductă de transport:
1—conducta de transport; 2—consumatori

care pleacă din centrala de termoficare se consideră de transport pînă la prima mare ramificaţie sau eventual se poate defini convenţional reţeaua de transport ca reţeaua cu un diametru mai mare de 400—500 mm.

Este de menţionat că de regulă nu se derivă racordurile consumatorilor direct din reţelele de transport, ci din cele de distribuţie.

In fig. 1 este prezentată schematic o reţea termică alimentată dintr-o singură sursă situată în exteriorul regiunii care se alimentează cu căldură. De la centrala de termoficare porneşte o conductă de transport care trece treptat într-o reţea de distribuţie.

Se constată că în schema din fig. 1 consumatorii se racordează şi direct la conducta de transport şi diferenţierea reţelei în reţea de transport şi distribuţie se poate face numai ţinînd seama de diametru.

Sînt de asemenea frecvente cazurile cînd centrala este situată în interiorul regiunii ocupate de consumatori. In acest caz de la centrală por-

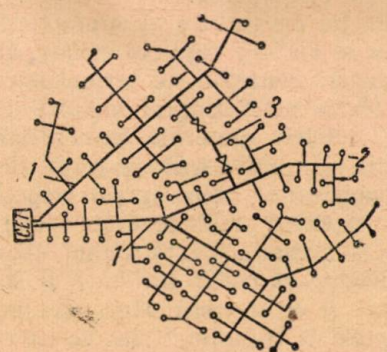


Fig. 2. Schema unei reţele de termoficare urbană cu două conducte principale şi o legătură de rezervă:
1—conducte principale radiale; 2—consumatori; 4—legătură de rezervă

nesc mai multe conducte radiale de transport. Cînd capetele acestor conducte radiale nu sînt îndepărtate se pune problema unirii capetelor printr-o conductă de legătură (fig. 2).

Prin această conductă de legătură se asigură o dublă alimentare pentru cazul de avarii.

In reţelele de apă, pentru menţinerea stabilităţii hidraulice, conducta de legătură înzestrată cu vane la ambele capete, este închisă în funcţionarea normală şi nu foloseşte decît în cazul unor defecte pe una din conductele principale, cînd sarcina poate fi preluată prin cealaltă conductă şi legătura de rezervă (cu închiderea porţiunii defecte).

Totuşi, avarii însemnate în conductele de transport fiind rare, iar costul de investiţii fiind mare atît în conducta de legătură însăşi, cît şi prin mărirea diametrului capetelor conductelor principale, astfel de conducte de legătură se prevăd numai cînd lungimea lor este redusă (maximum 200 m) [9].

Cînd sursa de energie termică este situată în regiunea centrului de greutate al consumului, legăturile dintre conductele principale crează un inel. Această din urmă dispoziţie este mai scumpă decît o reţea cu mai multe conducte principale şi cu legături între ele; ea se utilizează rar în cazul unei singure surse de energie termică.

Centrele locuite mari sînt deobicei termoficate din două sau mai multe surse. Dacă acestea se află la distanţe însemnate şi în apropierea lor sînt regiuni de consum corespunzătoare energiei termice disponibile, reţeaua de termoficare a oraşului se compune din mai multe reţele independente, de unul din tipurile de mai sus, alimentînd fiecare separat o parte din consumatori.

O dispoziţie care asigură o mai mare elasticitate în exploatare este funcţionarea în paralel a surselor termice, fie prin legarea capetelor conductelor de transport, fie prin interconectarea centralelor cu ajutrul unor conducte de transport, (prin intermediul căreia fiecare centrală poate debita pe orice sistem) fie prin funcţionarea pe un inel comun (fig. 3).

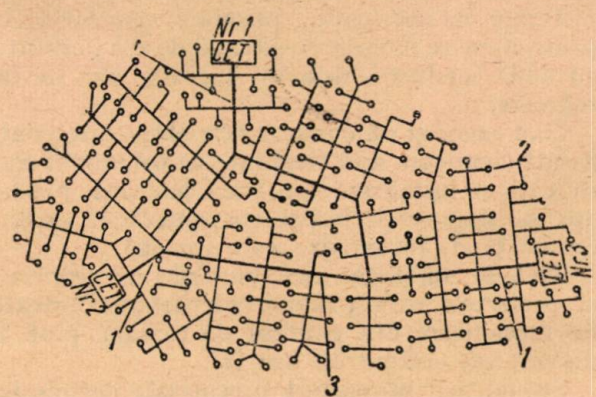


Fig. 3. Schema unei reţele de termoficare urbană cu trei centrale debitînd pe un inel:
1—conducte principale; 2—consumatori; 3—inel

Reţelele de distribuţie fac legătura de la conductele principale de transport pînă la consumator.

Forma cea mai simplă este forma ramificată sau arborescentă, fără legături între ramificaţiile de diferite ordine.

Totuși, cînd anumite puncte a două ramificații sînt suficient de apropiate se unesc prin conducte

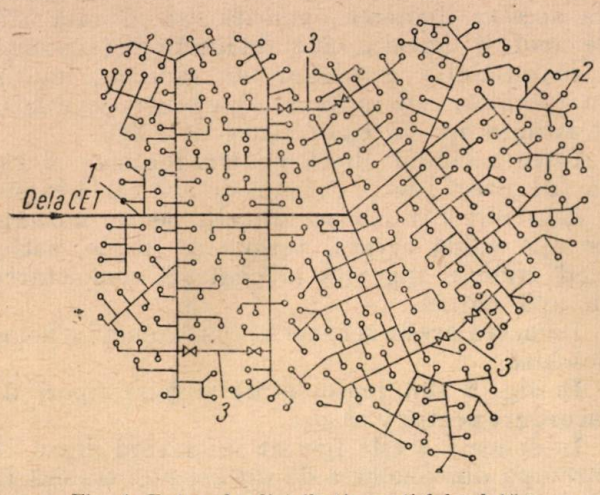


Fig. 4. Rețea de distribuție parțial buclată :
1—conducta de transport ; *2*—consumatori ; *3*—conducte de legătură

de legătură, creindu-se astfel rețelele parțial buclate (fig. 4).

Conductele de legătură intră în funcțiune numai în cazuri de deranjamente.

In ceea ce privește legăturile la consumatori acestea se pot face direct din rețeaua de distribuție care trece pe strada în care se găsește consumatorul. In cazul unui număr mai mare de consumatori legătura fiecăruia nu se face direct din rețeaua ce trece pe stradă, ci se amenajează un singur racord comun pentru toate clădirile

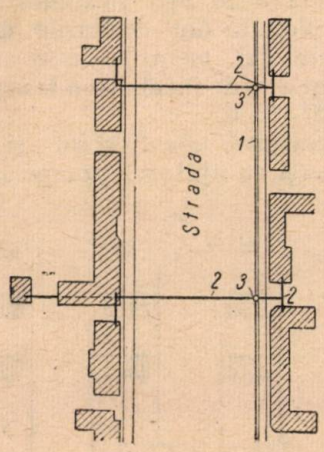


Fig. 5. Schema cu racordul din rețeaua de stradă :
1—conducta de ramificație ; *2*—racorduri la consumatori ; *3*—cămine

unui cvartal, reducîndu-se astfel racordurile din rețelele de distribuție.

In fig. 5 este reprezentată o porțiune dintr-o ramificație instalată pe o stradă.

Consumatorii sînt legați direct la această ramificație.

Fig. 6 schematizează o porțiune dintr-o rețea de distribuție urbană, la care racordurile consumatorilor se fac prin intermediul racordurilor de cvartal.

Rețelele de termoficare urbană, prezentate mai sus, pot fi astfel împărțite în modul următor [9] :

1. Rețeaua principală :

a) de transport (din aceasta nu se derivă ramificații) ;

b) principală, cu ramificații ;

c) de legătură.

2. Rețeaua de distribuție :

a) rețeaua de stradă

— prima ramificație

— a doua ramificație

— legătura ;

b) rețeaua de cvartal (ramificații din rețeaua de stradă) ;

c) ramificația consumatorului (de la rețeaua de cvartal pînă la punctul de racord).

După importanța rețelei termice există toate sau numai unele dintre aceste rețele.

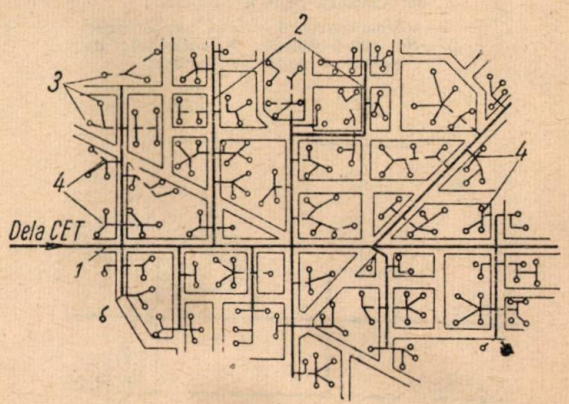


Fig. 6. Schema unei rețele de distribuție cu racorduri de cvartal :
1—conducta de transport ; *2*—ramificații ; *3*—consumatori ; *4*—racorduri de cvartal

Astfel, la rețelele mici poate lipsi rețeaua de distribuție de stradă, rețelele de cvartal legîndu-se direct la rețeaua principală.

3. Schemele de principiu ale racordurilor consumatorilor

Racordurile pot fi definite sumar ca instalațiile prin care fluidul purtător de căldură, adus pînă la ultima ramificație a rețelei, este introdusă în rețeaua de distribuție internă a consumatorilor. Prin analogie cu sistemele de distribuție de energie electrică și gaze un racord începe de la vana de concesie a consumatorului, cuprinzînd conducta de legătură pînă în clădire (branșamentul) și toate aparatele pentru conducerea și supravegherea exploatării, din punct de vedere tehnic și economic. Ca proiectare racordul ține de construcție, iar exploatarea lui se face de consumatori.

Totuși în rețelele termice racordul nu poate fi considerat ca ultimul element, subordonat ca importanță, dintr-o sumă de instalații în serie care fac legătura între sursa de energie și consumator. Principiul de funcționare, precum și modul de echipare al racordurilor consumatorilor poate

influenţa sau chiar determina atît configuraţia reţelei şi instalaţiile ei, cît şi instalaţiile din centrală.

Din punctul de vedere al modului cum este preluat agentul termic (apa fierbinte) din reţea şi utilizată energia sa termică, se disting două

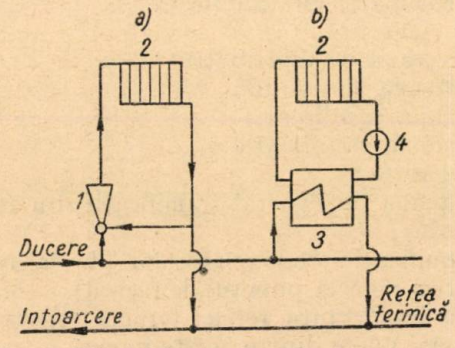


Fig. 7. Principii de racordare ale consumatorilor de căldură pentru încălzit :

a—schemă directă ; *b*—schemă independentă ; *1*—elevator ; *2*—rediator ; *3*—schimbător de căldură ; *4*—pompă de circulaţie

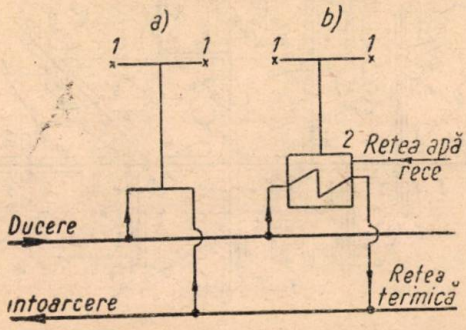


Fig. 8. Principii de racordare ale consumatorilor de apă caldă :

a—schema directă ; *b*—schemă independentă ; *1*—robinete de apă caldă ; *2*—schimbător de căldură

moduri de racordare : directă şi independentă (fig. 7 şi fig. 8).

La racordarea directă (sau schemă directă) agentul termic este el însuşi utilizat fie pentru a ceda căldura în radiatoare sau instalaţii similare, fie ca apă caldă. In cazul racordurilor independente (sau schemei independente) există un circuit intern de apă caldă (sau eventual fierbinte) al consumatorului de la care se preia căldura pentru radiatoare sau apa pentru consum menajer.

Desigur că modul de prezentare separat în fig. 7 şi 8 este convenţional. Racordurile pentru încălzire şi racordurile pentru apă caldă se fac totdeauna din aceeaşi reţea termică, iar în cazul alimentării printr-o singură conductă, cazul sistemelor nou studiate de alimentare la mare distanţă, consumul de apă caldă se leagă în serie după consumul de căldură pentru încălzit, adică apa care a trecut prin radiatoare merge la utilizare.

Natura şi dispoziţia aparatelor care compun racorduri pot fi şi ele altele decît în cele două scheme şi vor fi detaliate în continuare.

In ceea ce priveşte racordurile pentru încălzirea prin ventilaţie ele se iau totdeauna direct. In orice caz nu este cazul la ele să se limiteze la 90—95°C temperatura de intrare a agentului termic în corpul de încălzire, cum este cazul la radiatoare (la acestea limitarea amintită este dictată atît de condiţii igienice, cît şi de limita de rezistenţă a materialului corpurilor de radiator, fonta). In aparatele care încălzesc apa pentru ventilaţie se trimite apa la temperatura de 130°C.

Intre racordul direct pentru încălzire şi racordul direct pentru consum de apă caldă există o deosebire : la schema directă pentru consum de apă caldă agentul termic se pierde, astfel încît trebuie asigurată la centrală completarea cu apă curată.

De aceea aceste scheme se mai numesc scheme deschise.

In fig. 9 sînt reprezentate diverse tipuri de racorduri pentru încălzire.

In schema *a* este figurat un racord direct la care apa din conducta de ducere este trimisă în corpurile de încălzire, fără să fi fost amestecată cu apă răcită. Din punct de vedere igienic, acest lucru este admisibil numai la clădiri industriale sau la clădiri de locuit, cînd temperatura maximă în conducta de ducere nu depăşeşte 95°C.

Din punct de vedere termic şi hidraulic acest fel de racord crează o legătură între funcţionarea reţelei şi funcţionarea sistemului abonatului.

Schema *b* reprezintă tot o racordare directă însă cu amestecare printr-un ejector, denumit în literatura sovietică de specialitate elevator. In elevator, care funcţionează pe baza diferenţei de presiune între conducta de ducere şi cea de întoarcere ale sistemului consumatorului, se face amestecul între apa fierbinte a reţelei şi apa răcită colectată din corpurile de încălzire ale consumatorului, menţinîndu-se astfel la intrarea în corpurile de încălzire o temperatură de maximum 90—95°C.

Amestecarea între apa fierbinte şi apa răcită se poate face şi cu ajutorul pompelor. Pompele

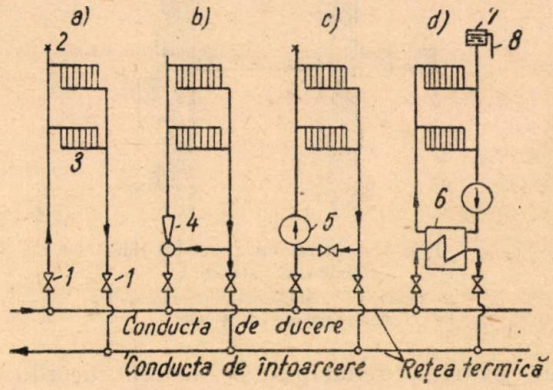


Fig. 9. Tipuri de racorduri pentru încălzire :

1—vană ; *2*—robinet de desaerisire ; *3*—radiator ; *4*—elevator ; *5*—pompă ; *6*—preîncălzitor de aer ; *7*—vas de expansiune ; *8*—preaplin

de amestec se montează la consumator fie pe conducta de ducere, fie pe cea de întoarcere, fie pe conducta de legătură dintre ele. Reglajul temperaturii apei calde se face prin reglarea organelor de închidere. In fig. 9, *c*, este arătată

o astfel de schemă cu pompa pe conducta de ducere a sistemului consumatorului. (Se alege această dispoziţie cînd presiunea din conducta magistrală este mică şi nu asigură circulaţia apei în interiorul construcţiei).

Schema *d* reprezintă un racord independent. Sistemul consumatorului este separat hidraulic de reţea şi condiţiile de funcţionare sînt mult uşurate, atît pentru reţea cît şi pentru consumator. Schimbul de căldură se face într-un pre-

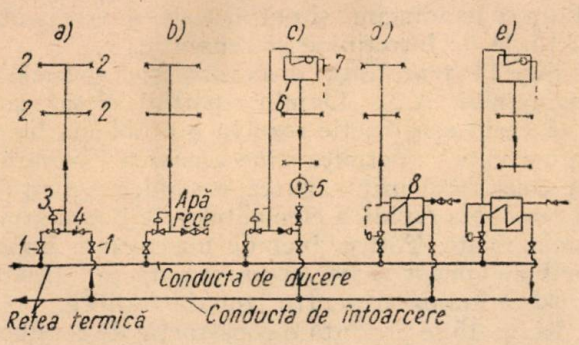


Fig. 10. Tipuri de racorduri pentru apă caldă:
1—vană; *2*—robinet; *3*—regulator; *4*—clapă de reţinere; *5*—pompă; *6*—acumulator; *7*—preaplin; *8*—preîncălzitor

încălzitor, iar circulaţia apei este asigurată cu ajutorul unei pompe.

În ceea ce priveşte racordurile pentru apa caldă, în fig. 10 sînt figurate cîteva tipuri de racorduri.

Pe lîngă diferenţierea privitor la preluarea directă a apei calde din reţea sau preluarea apei prin intermediul unui preîncălzitor de suprafaţă, schemele de racorduri pentru apă caldă se mai deosebesc prin existenţa sau absenţa unui acumulator.

Dacă pentru încălzirea locuinţelor, acumularea de căldură şi deci uniformizarea curbei zilnice de sarcină se poate obţine datorită capacităţii de acumulare a însăşi construcţiilor, egalizarea vîrfurilor de consum şi asigurarea consumatorilor cu apă caldă, la întreruperi de la centrală a funcţionării reţelelor termice se poate face numai montînd la fiecare consumator sau la o grupă de consumatori un acumulator de apă caldă.

În fig. 10, *a*, este figurat un racord direct sau deschis de apă caldă, fără acumulator de apă caldă. Apa din conducta de ducere se amestecă cu apa de întoarcere, regulatorul montat pe conducta abonatului legată la conducta de ducere menţine o temperatură constantă la utilizare. Acest racord, extrem de simplu, are o largă răspîndire atît la clădiri de locuit cît şi la clădiri publice.

Schema *b* din aceeaşi figură reprezintă tot un racord direct de apă caldă, dar la apa caldă a conductei de ducere se adaugă apă rece din reţeaua generală de apă potabilă.

În schema *c*, este arătat un racord cu acumulator. Circulaţia apei şi temperatura constantă sînt asigurate de o pompă.

Racorduri independente denumite şi scheme închise sînt reprezentate sub *d* şi *e*.

Circuitul consumatorului este independent de cel al reţelei, schimbul de căldură se face într-un preîncălzitor, legat la reţeaua termică pe de o parte, iar pe de altă parte la reţeaua de apă potabilă a oraşului.

Schema *d* reprezintă un racord fără acumulator, schema *e*, un racord cu acumulator.

Ca şi la racordurile deschise, acumulatorii se vor monta în special la consumatorii importanţi (băi, spălătorii etc.) precum şi atunci cînd reţeaua funcţionează cu întreruperi de la centrală.

4. Construcţia reţelelor de transport şi distribuţie

Reţelele termice propriu zise se compun din trei categorii de elemente [9]:

1. Utilajul mecanic (conducte, accesorii, armături, reazime etc.).
2. Partea de construcţii (canale şi construcţii de susţinere).
3. Izolaţia termică şi hidrofugă — care vor fi prezentate sumar în cele ce urmează.

Elementele mecanice cele mai importante, care intervin în cantitatea cea mai mare la construcţia reţelelor termice sînt conductele.

Conductele reţelelor termice trebuie să îndeplinească următoarele condiţii tehnice [6]:

1. Rezistenţă mecanică şi etanşeitate la presiunile şi temperaturile purtătorului de căldură.
2. Menţinerea la valori constante a proprietăţilor mecanice.
3. Stabilitate contra coroziunii interne şi externe.
4. Coeficient de rugozitate interior mic.
5. Coeficient de dilatare mic.
6. Proprietăţi de bună izolare termică.
7. Simplitatea şi siguranţa la etanşeitate a îmbinărilor dintre diferite elemente.
8. Simplitatea depozitării, transportului şi montajului.

Dintre toate materialele, conductele de oţel, fără a satisface toate condiţiile necesare, le satisfac pe cele mai importante: rezistenţa mecanică, îmbinări sigure, uşurinţă de depozitare, transport şi montaj. Influenţa altor condiţii pe care conductele mecanice nu le satisfac (izolaţie bună, rezistenţă contra coroziunii), se remediază prin materiale sau măsuri suplimentare.

Conductele folosite în reţelele termice sînt deci conductele metalice. Pînă la diametrii nominali de 400 mm se utilizează ţevi fără sudură, trase, conductele mai mari sînt sudate.

Din punctul de vedere al grosimii, aceasta se alege în funcţie de presiune. Practic, la presiunile folosite în reţelele termice de apă, sînt suficient grosimile minime curente de pereţi, de la 2,5 mm la diametrul nominal de 40 mm pînă la 9 mm la diametrul nominal de 400 mm la ţevile trase.

La ţevile sudate de asemenea se pot folosi în general grosimile minime, 9 mm la diametre nominale între 400—600 mm.

În ceea ce priveşte îmbinările dintre ţevi acestea se fac astăzi exclusiv prin sudură.

Sudura efectuată în condiţiile prescrise cu pregătirile prealabile şi materialul conform normelor, corespunde cerinţelor şi asigură durabilitatea şi etanşeitatea reţelelor.

Totuşi ele reprezintă punctul slab al reţelelor şi cer atenţie deosebită la montaj şi la recepţie.

Imbinările cu flanşe nu se fac decît pentru asamblarea armăturilor de comandă şi control (vane, ventile, şaibe de laminare, etc.).

Partea de construcţie a reţelelor termice este determinată în primul rînd de modul de aşezare al reţelei : subteran sau aerian.

In general reţelele termice urbane, atît din motive tehnice cît şi din motive estetice se aşază subteran. Numai în acele locuri unde există intersecţii multiple cu construcţii subterane sau obstacole (căi ferate, rîuri) precum şi pe terenurile întreprinderilor industriale unde cerinţele estetice sînt mai reduse, conductele se montează aerian pe stîlpi (din construcţii metalice, beton armat sau lemn) sau pe estacade.

Aşezarea subterană se împarte în două categorii : aşezare în canal şi aşezare îngropată, la care conducta cu izolaţia ei se îngroapă direct în pămînt.

S-a relevat însă în ultima vreme [4] că această clasificare nu corespunde fenomenelor fizice. S-au făcut în U.R.S.S. încercări cu diverse tipuri de conducte şi anume : în canal cu izolaţie suspendată (deci cu spaţiu între izolaţie şi pereţii canalului), în canal cu umplerea totală a canalului cu material izolant, în pămînt cu izolaţie specială care permite deplasarea conductei în interiorul ei, preluînd greutatea pămîntului şi înfine direct în pămînt cu o izolaţie care transmitea asupra conductei împingerea pămîntului.

S-a constatat că acest din urmă caz solicită cel mai mult conducta, pe cînd în cazul cu izolaţia specială conducta este solicitată mecanic aproape la fel ca în cazul conductei în canal cu izolaţie suspendată. Conducta în canal cu izolaţie totală este mai defavorabil solicitată.

De aceea s-a hotărît ca reţelele subterane să fie clasificate după gradul de protecţie contra încărcărilor mecanice exterioare în :

1. Construcţii complet descărcate, în care ţevile deplasîndu-se împreună cu izolaţia nu suportă decît frecarea în reazemele mobile.

2. Construcţii parţial descărcate în care ţevile se deplasează faţă de izolaţie care le descarcă în parte de acţiunea eforturilor exterioare.

3. Construcţii nedescărcate la care ţevile sînt supuse integral eforturilor dinafară.

Construcţiile complet descărcate se realizează în canale nevizitabile sau vizitabile.

In fig. 11 este reprezentat un canal nevizitabil tip, foarte răspîndit în construcţiile sovietice [5].

Pentru diametre foarte mari de conductă ar trebui luate plăci de acoperire prea groase şi de asemenea pereţii canalului ar trebui întăriţi. Se preferă atunci despărţirea canalului printr-un perete, care serveşte de suport celor două plăci parţiale (fig. 12).

Fig. 13 este o secţiune printr-un canal vizitabil pentru trei conducte cu diametrul nominal 200 mm. Canalul are pereţii de cărămidă şi este acoperit cu plăci de beton armat.

Este evident că asemenea construcţii sînt mai costisitoare decît cele în canale simple nevizitabile. Totuşi, la conducte multe şi de diametre mari, devin şi economic comparabile cu canale nevizitabile multiple pentru acelaşi număr de conducte. La aceasta se mai adaugă faptul că ocupă o suprafaţă mai mică, construcţia dezvoltîndu-se în adîncime şi permite acces uşor pentru lucrările de întreţinere şi reparaţie.

Fig. 14 reprezintă o construcţie specială a inginerului A.A. Liamin, parţial descărcată.

Această construcţie rezolvă o problemă foarte importantă : permite mecanizarea lucrărilor de construcţii prin săparea mecanică a şanţului şi montarea rapidă a elementelor de beton armat prefabricate. Totuşi, include un consum important de ciment şi fier şi nu asigură un strat de grosime uniformă pentru izolaţia termică.

In fig. 15 se prezintă o construcţie de conductă aşezată direct, reprezentînd deci o construcţie nedescărcată.

Izolaţia este realizată prin segmenţi aşezaţi în jurul conductei.

Din cele de mai sus a reeşit că una din problemele grele ale reţelelor este izolarea lor termică. Aceasta cu atît mai mult cu cît durata de viaţă a izolaţiilor este mult mai scurtă ca a reţelelor însăşi şi necesităţile de întreţinere pot determina adesea soluţiile care trebuie adoptate pentru tipul de reţea subterană ales.

Trebuie tins spre o construcţie la care însuşi izolantul să constituie şi elementul de protecţie mecanic al conductei (*4*) realizîndu-se astfel o construcţie descărcată, ieftină şi la care o bună parte a materialelor ce se pun în operă pot fi prefabricate în ateliere speciale.

Astfel de construcţii sînt cele cu beton spongios armat şi cu sticlă spongioasă.

Fig. 16 arată o conductă subterană protejată termic şi mecanic prin cochilii de beton spongios armat.

5. Exploatarea reţelelor termice urbane

În mod analog ca la reţelele electrice şi de gaze, exploatarea reţelelor termice urbane trebuie să asigure livrarea căldurii către consumator, fără întreruperi, în cantitatea şi de calitatea cerută în fiecare moment.

Pentru aceasta este necesar :

1. Coordonarea funcţionării centralelor de termoficare, a reţelelor şi a consumatorilor.

2. Repartizarea corectă a energiei termice la consumatori şi înregistrarea căldurii livrate.

3. Supravegherea reţelelor şi executarea reviziilor şi reparaţiilor.

4. Controlul instalaţiilor consumatorilor.

După experienţa din Uniunea Sovietică [6] exploatarea se organizează pe regiunile deservite de o singură centrală, iar întreaga reţea este

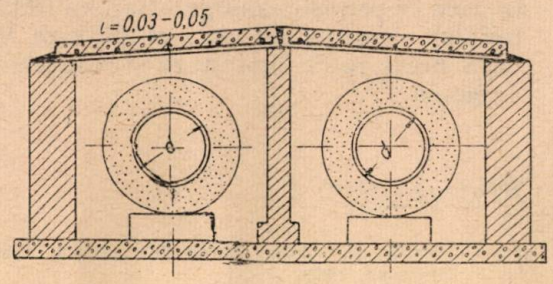


Fig. 11. Canal tip cu pereți de cărămidă și acoperit cu plăci de beton armat.

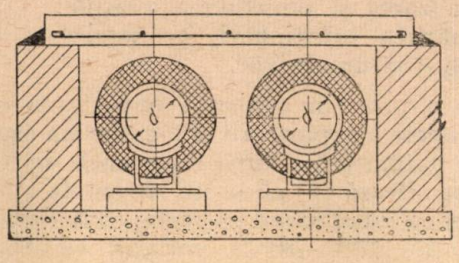


Fig. 12. Canal dublu cu perete de cărămidă.

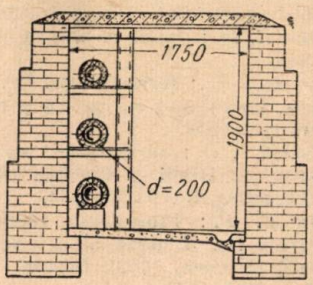


Fig. 13 Canal vizitabil

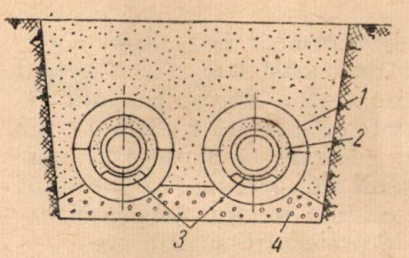


Fig. 14. Așezarea în canal cilindric de beton armat :

1—semicilindrul de beton armat ; *2*—vată de sticlă ; *3*—suport ; *4*—fundație

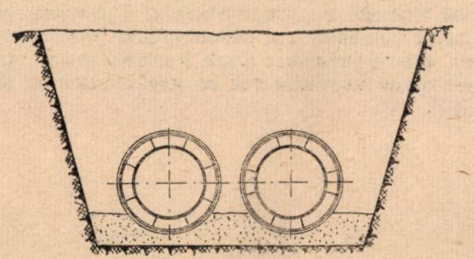


Fig. 15. Conducte așezate fără canal, construcție nedescărcată.

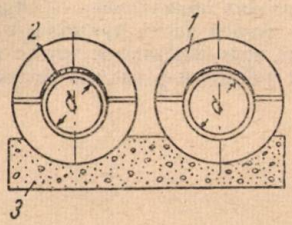


Fig. 16. Construcție de beton spongios armat propus de „rețeaua termică Mosenergo "(pentru conducte cu diametru 200—600 mm) :

1—bloc de 2 m lungime ; *2*—izolație cu vată de sticlă ; *3*—fundație

coordonată printr-un post de dispecer care are următoarele funcţiuni:

1. Controlul realizării planului de producţie al căldurii.
2. Controlul regimului hidraulic şi termic.
3. Localizarea şi remedierea avariilor.
4. Urmărirea funcţionării economice a centralelor şi consumatorilor.

Pentru a pune în evidenţă importanţa conducerii corecte a exploatării şi menţinerea exactă a tuturor parametrilor după diagramele de funcţionare, se citează [6] că la un sistem de termoficare urbană funcţionînd cu reglaj calitativ între temperaturile 130°—70°C, variaţia cu 1% a temperaturii în conducta de ducere (la o temperatură exterioară de—5°C) antrenează o variaţie cu 1% a căldurii livrate şi o variaţie cu 0,25°C a temperaturii interioare.

In scopul asigurării unei funcţionări economice şi în acelaşi timp corecte se tinde din ce în ce mai mult la aplicarea automatizării atît la centrală, cît şi mai ales la consumatori.

* * *

In ceea ce priveşte formele de realizare a termoficării urbane, în ţara noastră există un început modest încă în forma celor cîteva instalaţii restrînse de alimentare cu căldură a clădirilor din complexul marilor centrale termoelectrice puse în funcţiune în ultimii ani, precum şi a instalaţiei de alimentare cu căldură a unui oraş muncitoresc nou în curs de proiectare şi realizare.

Ca şi în domeniul stabilirii bazelor energetice ale termoficării urbane [8] este necesar ca şi pentru soluţiile de principiu şi formele ei de realizare să se treacă la studii de detaliu care să ţină seama de condiţiile reale din ţara noastră în ceea ce priveşte configuraţia localităţilor, materialele disponibile etc., studii care vor crea baza necesară de proiectare şi realizare în acest domeniu.

Bibliografie

[1] *Copiev S. F.*: Alimentarea cu căldură, Gosstroizdat, Moscova, 1953.

[2] *Lopatin B. V.*: Reţele termice. Construcţia şi calculul lor, Gosstroizdat, Moscova, 1954.

[3] Reguli pentru construcţia, montarea, întreţinerea şi revizuirea conductelor de abur şi apă caldă (elaborate de M.C.E. al U.R.S.S.), Editura Energetică de Stat, 1953.

[4] *Perlin M. B.*: Construcţia reţelelor termice subterane. Din colecţia „Probleme tehnice ale termoficării", Gosenergoizdat, Moscova, 1952.

[5] *Rîjkin V. Ia.*: Alegerea parametrilor raţionali pentru reţelele termice de apă. Din colecţia „Probleme tehnice ale termoficării", Gosenergoizdat, Moscova, 1952.

[6] *Sokolov E. Ia.*: Reţele termice, Gosenergoizdat, Moscova, 1948.

[7] *Stăncescu I. D.*: Termoficarea. Principii, domenii de aplicare, importanţă energetică şi economică, Energetica, nr. 1—2/1953.

[8] *Stăncescu I. D.*: Termoficarea urbană. I. Determinarea naturii, mărimii şi variaţiei consumului de căldură, Energetica, nr. 9—10/1954.

[9] *Şubin E. P.*: Proiectarea reţelelor termice urbane. Partea I-a, (Editura Ministerului Gospodăriei Comunale, Moscova, 1952), Editura Energetică de Stat, Bucureşti, 1954.

★

ГОРОДСКАЯ ТЕПЛОФИКАЦИЯ

II. *Принципиальные решения и формы исполнения*

Резюме

В первой части статьи рассматривается для городской теплофикации, теплоноситель от источника термической и электрической энергии и до потребителя, в продолжение производится анализ применяемых принципиальных решений для конфигураций тепловых сетей.

Во второй части представленны ряд конструктивных форм в особенности для каналов в которых прокладываются трубы. В заключение настаивается на необходимости детального изучения учитывая реальные условия Р.Н.Р.

ECRANAREA ÎN CONSTRUCŢIA ŞI MODERNIZAREA CAZANELOR DE ABUR

Ing. NICULAE ANTONESCU

Pentru construirea sau modernizarea unui cazan, se cere găsirea unei soluţii care să dea minimul de suprafaţă pentru sistemul fierbător. Soluţia de radiaţie pură sau convecţie pură reprezintă două cazuri extreme care dau suprafeţe maxime. Suprafaţa minimă se obţine cînd cedăm 70-80% din căldura dată sistemului fierbător prin radiaţie, iar restul de 20-30% prin convecţie. Suprafaţa obţinută din această soluţie economică, este cu 20-50% mai redusă decît suprafeţele din cazurile extreme (fig. 2). Cu cît temperatura teoretică de ardere în focar este mai înaltă cu atît căldura preluată prin radiaţie poate fi mai mare. Raportul exact rezultă din diagrama (fig. 3).

Printre problemele energetice de actualitate, este pe lîngă construcţia de noi tipuri de cazane şi modernizarea cazanelor de construcţie veche. Pentru realizarea unui cazan care să producă abur mult cu suprafeţe cît mai mici, deci cu gabarite reduse, ecranarea focarului este soluţia uzuală. Se naşte însă problema cît trebuie să fie ecranele de radiaţie din suprafaţa întreagă a sistemului fierbător, pentru a obţine o suprafaţă minimă. O soluţie arbitrară constructivă în această problemă, nu poate decît întîmplător să fie soluţia economică, iar eroarea faţă de suprafaţa minimă posibilă poate ajunge chiar de 100%.

Pentru ca un cazan să producă o anumită cantitate de abur saturat, folosind o apă de alimentare de temperatură dată, este necesar să transmitem o cantitate anumită de căldură sistemului fierbător. Această transmisie se poate face prin radiaţie şi convecţie.

Dacă întregul sistem fierbător este alcătuit din fascicole de convecţie, suprafaţa necesară va fi mare, deoarece coeficientul de transmisie a căldurii K se păstrează în jurul valorii de 50 kcal/m². °C. h.

Dacă introducem în focar ecrane care preiau căldură prin radiaţie, vom obţine o eficacitate mai mare a suprafeţelor, deoarece cantitatea de căldură cedată prin radiaţie este proporţională cu diferenţa puterilor a 4-a a temperaturilor absolute a flăcării şi a peretelui ţevilor. In consecinţă suprafaţa sistemului fierbător scade.

Prin mărirea părţii radiante a sistemului fierbător suprafaţa totală scade pînă la un minim, după care însă începe să crească din nou. Aceasta se explică prin faptul că temperatura flăcării în focar scade, iar cantitatea de căldură transmisă pe unitatea de suprafaţă scade după o curbă de gradul 4.

Se pune deci problema găsirii raportului optim, notat X, între cantitatea de căldură cedată prin radiaţie Q_R şi cantitatea totală de căldură Q necesară sistemului fierbător.

$$X = \frac{Q_R}{Q}. \qquad (1)$$

Pentru aceasta se calculează într-un caz general suprafaţa totală a sistemului fierbător A şi se găseşte valoarea lui X, care face minimă această suprafaţă.

Pentru a prelua o cantitate de căldură $Q_R = XQ$ prin radiaţie este nevoie de o suprafaţă :

$$A_R = \frac{X \cdot Q}{c\left[\left(\frac{T_F}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_p}{100}\right)^4\right]} \ m^2 \qquad (2)$$

unde :

$c = 3{,}5$ este coeficientul de negreală al flăcării ;

T_p — temperatura absolută a pereţilor ţevii care se ia cu ~ 25° mai mare decît temperatura de saturaţie a apei,

$$T_p = (t_s + 25) + 273°K$$

T_f — temperatura absolută a flăcării, pe care o găsim în diagrama I-t scăzînd din entalpia iniţială I_0 căldura cedată prin radiaţie, pe kg (sau normal m³) de combustibil ; sau analitic :

$$T_f = \frac{I_0 - \frac{XQ}{B}}{C_{pm_1}} + 273 \ °K \qquad (3)$$

unde :

B este cantitatea de combustibil în kg/h sau normal m³/h ;

C_{pm_1} — căldura specifică medie a gazelor arse la temperatura focarului.

Expresia desvoltată a suprafeţei ecranelor va fi :

$$A_R = \frac{XQ}{3{,}5\left[\left(\frac{I_0 - \frac{XQ}{B}}{\frac{C_{xm_1}}{100}} + 273\right)^4 - \left(\frac{t_s + 25 + 273}{100}\right)^4\right]} \ m^2$$

Pentru a prelua căldura rămasă, prin convecţie $Q_c = (1-X)\,Q$ kcal/h este nevoie de o suprafaţă :

$$A_c = \frac{(1 - X)\,Q}{K \cdot \Delta t_{med}} \ m^2 \qquad (5)$$

în care $K =$ este coeficientul de transmisie a căldurii de la gazele de ardere la apa care se vaporizează în kcal/m².°C.h, iar Δt_{med} — diferenţa medie de temperatură între cele două fluide

$$\Delta t_{med} = \frac{\Delta_{max} - \Delta_{min}}{\ln \frac{\Delta_{max}}{\Delta_{min}}}$$

unde :

Δ_{max} este diferența maximă de temperatură, adică între gazele care ies din focar și temperatura de saturație a apei :

$$\Delta_{max} = t_f - t_s$$

Δ_{min} — diferența minimă de temperatură, adică între gazele ce ies din fascicolul de convecție și temperatura de saturație a apei : $\Delta_{min} = t_e - t_s$; t_e se determină din diagrama I-t scăzînd din entalpia inițială I_0 căldura totală cedată sistemului fierbător raportată la cantitatea de combustibil

$$t_c = \frac{I_0 - \frac{Q}{B}}{C_{pm_2}} \,^\circ\text{C}$$

unde C_{pm^2} este căldura specifică medie a gazelor pentru temperatura de ieșire din convecție.

Pentru simplificarea scrierii formulei vom pune însă cu aproximație :

$$\Delta t_{med} = \frac{\Delta_{max} + \Delta_{min}}{2} = \frac{t_f + t_c}{2} - t_s$$

Expresia dezvoltată a suprafeței fascicolului de convecție scriind și pe t_f după formula (3) în °C va fi :

$$A_c = \frac{(1 - X)\,Q}{K\left(\frac{t_f + t_s}{2} - t_s\right)} =$$

$$= \frac{(1 - X)\,Q}{K\left[\frac{\frac{I_0 - \frac{XQ}{B}}{C_{pm_1}} + \frac{I_0 - \frac{Q}{B}}{C_{pm_2}}}{2} - t_s\right]} \text{m}^2 \qquad (7)$$

Adunînd aceste două suprafețe, se obține suprafața totală a sistemului fierbător : $A = A_R + A_c$

$$A = \frac{XQ}{3{,}5\left[\left(\frac{I_0 - \frac{XQ}{B}}{\frac{C_{pm_1}}{100}} + 273\right)^4 - \left(\frac{t_s + 20 + 273}{100}\right)^4\right]} =$$

$$+ \frac{(1 - X)\,Q}{\left[\frac{\frac{I_0 - \frac{XQ}{B}}{C_{pm_1}} + \frac{I_0 - \frac{Q}{B}}{C_{pm_2}}}{2} - t_s\right]} \text{m}^2 \qquad (8)$$

In această formulă înafara parametrului X, toți termenii sînt cunoscuți pentru un anumit cazan.

Parametrul X reprezentînd după formula (1) raportul între căldura preluată de ecrane și căldura totală dată sistemului fierbător, poate varia între $X = 0$ pentru convecție pură și $X = 1$ pentru radiație pură.

Analizînd formula (8) vedem că X crescînd de la 0 spre 1 face prima parte a expreiei (adică A_R) să crească foarte repede deoarece numărătorul crește linear, iar numitorul scade după o funcție de gradul 4 în X. A doua parte a expresiei (adică A_c), scade continuu pînă la 0 după o curbă cu panta puțin variabilă.

Suprafața sistemului fierbător va fi suma celor 2 suprafețe și prin creșterea parametrului X de la 0 la 1 va scade la început sub influența lui A_c deoarece A_R este mic, va trece printr-un minim,

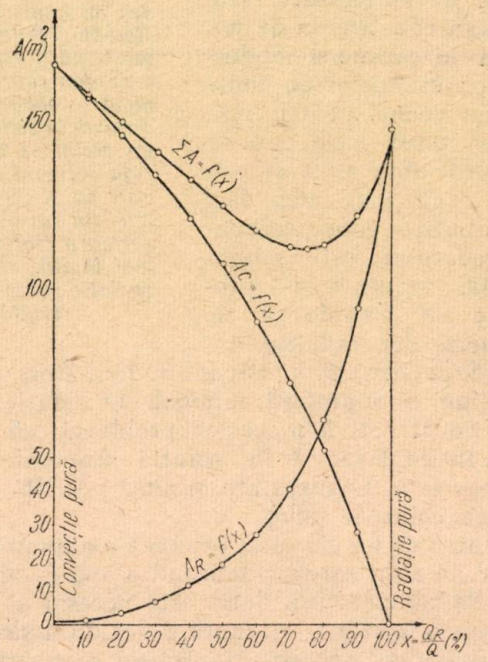


Fig. 1. Suprafața ecranelor de radiație, suprafața fascicolelor de convecție și suprafața sistemului fierbător.

după care va crește puternic sub influența lui A_R care imprimă curbei o pantă accentuat crescătoare (fig. 1).

Pentru aflarea minimului, metoda trasării curbei prin cîteva puncte calculate este cea mai indicată. Anularea derivatei $\frac{dA}{dX}$ pentru o valoare $0 < X < 1$ prezintă dificultăți din cauza gradului înalt al funcției derivate.

Pentru obținerea unor curbe din care să rezulte variația minimului în funcție de diferiți factori de care depinde, alegem un cazan asupra căruia se fac calculele de încercare. In cazul de față un cazan IPROM, 20 t/h pentru gaz metan.

Suprafața sistemului fierbător A va varia cu X, iar pentru fiecare entalpie inițială I_0 (respectiv corespunzător în diagrama I-t, pentru fiecare temperatură teoretică din focar t_0) vom obține o altă curbă. Se trasează deci un fascicol de curbe $A = f(X)$ modificînd temperatura teoretică din focar t_0 .

Din analiza formulei (8) vedem că A mai depinde și de raportul Q/B ; acesta este însă o constantă : $\frac{Q}{B} \cong 0{,}5H_i$ la cazane cu suprafețe adiționale.

In consecință cantitatea de căldură Q poate fi eventual dată factor comun la numărător și nu schimbă mersul curbelor deci nici valoarea lui X pentru care suprafața este minimă.

Calculul decurge în felul următor (exemplu).

Date inițiale :

— putere calorică : $H_i = 8\,535 \frac{\text{kcal}}{\text{Nm}^3}$

— cantitate de combustibil : $B = 1750 \frac{\text{Nm}^3}{\text{h}}$

— căldura dată sistemului fierbător : $Q = 8\,500\,000 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$

— exces de aer în focar : $\lambda = 1{,}15$

— temperatura aerului preîncălzit : $t_a = 150°C$

— temperatura ambiantă : $t_u = 20°C$

— procente de aer preîncălzit : $\alpha = 90\%$

— randamentul focarului : $\eta_F = 0{,}974$

— temperatura de saturație a apei : $t_s = 241{,}4°C$

— rezultă entalpia inițială calculată pentru intrarea combustibilului și aerului în focar :

$$I_0 = \eta_F H_i + \alpha\lambda(I_{aer\,ta} - I_{aer\,tu}) + I_{gaze\,tu}$$

$$I_0 = 0{,}974 \times 8\,535 + 0{,}9 \times 1{,}15 \quad (450-60) + 80 = 8\,796 \frac{\text{kcal}}{\text{Nm}^3}$$

Pentru găsirea temperaturii teoretice de ardere introducem și corecția întrărilor de aer fals în focar, citind temperatura corespunzătoare pe curba de exces $\lambda = 1{,}2$; $t_f = 1810°C$.

Temperatura pereților țevii :

$$t_p = t_s + \sim 25° = 267°C. \quad T_p = 267 + 273 = 540°K$$

Din aceste tabele, făcînd însumarea $A = A_R + A_C$ putem trasa curba $A = f(X)$ și se determină valoarea lui X care face minimă suprafața sistemului fierbător.

Pentru studierea cazului general se face calculul și pentru alte valori a lui I_0, respectiv ale temperaturii teoretice din focar ; în cazul nostru înafară de 1810° și pentru 1710 și 1910° obținînd tabela 2.

După tabela 2 se trasează curbele $A = f(X)$ pentru fiecare din temperaturile teoretice de ardere (fig. 2).

Unind punctele de suprafață minimă deducem o curbă ($X = f(t_0)$ care ne dă valoarea lui X

Tabela 1

X	Q_R	I	t_f	T_f	T_p	$\Delta\left(\frac{T}{100}\right)^4$	A_R
	XQ	$I_0 - \frac{Q_R}{B}$	din diagrame $I-t$	$t_f + 273$		$\left(\frac{T_f}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_p}{100}\right)^4$	$\frac{Q_R}{3{,}5 \cdot \Delta\left(\frac{T}{100}\right)^3}$
	$\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$	$\frac{\text{kcal}}{\text{Nm}^3}$	°C	°K	°K	°K⁴	m²
0	0	8 796	1 810	2 083	540	187 410	0
0,1	850 000	8 310	1 720	1 993	540	157 918	1,538
0,2	1 700 000	7 825	1 630	1 903	540	130 295	3,728
0,3	2 550 000	7 339	1 539	1 812	540	106 954	6,812
0,4	3 400 000	6 853	1 448	1 721	540	86 873	11,18
0,5	4 250 000	6 367	1 356	1 629	540	69 566	17,45
0,6	5 100 000	5 882	1 263	1 536	540	54 813	26,58
0,7	5 950 000	5 396	1 169	1 442	540	42 389	40,11
0,8	6 800 000	4 910	1 073	1 346	540	31 973	60,77
0,9	7 650 000	4 425	975	1 248	540	23 408	93,37
1	8 500 000	3 939	875	1 148	540	16 518	147,03

Continuare Tabela 1

X	Q_c	Δ_{max}	Δ_{min}	Δt_{med}	$t_{med\ gaze}$	α_2	α_{CO_2}	α_{H_2O}	K	A_c
	$(1-x)Q$	$t_f - t_p$	$t_c - t_p$	$\frac{\Delta_{max} - \Delta_{min}}{\ln \frac{\Delta_{max}}{\Delta_{min}}}$	$\frac{t_f + t_c}{2}$	Din diagrame			$\alpha_2 + \alpha_{CO_2} + \alpha_{H_2O}$	$\frac{Q_c}{0{,}9 \cdot k \cdot \Delta t_{med}}$
						prin convecție	radiație straturi CO_2	radiație straturi H_2O		
	$\frac{\text{kcal}}{\text{h}}$	°C	°C	°C	°C	$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\,°C\,\text{h}}$	$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\,°C\,\text{h}}$	$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\,°C\,\text{h}}$	$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\,°C\,\text{h}}$	m²
0	8 500 000	1 543	608	1004	1 342	30	12,7	14	56,7	165,9
0,1	7 650 000	1 453	608	969	1 297	30,2	12,5	13,5	56,2	156,1
0,2	6 800 000	1 362	608	934	1 252	30,4	12,25	13	55,65	145,3
0,3	5 950 000	1 272	608	898	1 207	30,6	12	12,5	55,1	133,5
0,4	5 100 000	1 181	608	862	1 161	30,8	11,6	12	54,4	120,9
0,5	4 250 000	1 089	608	824	1 115	31	11,2	11,5	53,7	106,8
0,6	3 400 000	996	608	785	1 069	31,5	10,9	11	53,4	90,1
0,7	2 550 000	902	608	744	1 022	32	10,5	10,4	52,9	72
0,8	1 700 000	806	608	700	974	32,5	10	9,8	52,3	51,6
0,9	850 000	708	608	658	925	33	9,5	9,2	51,7	27,8
1	0	608	608	608	875	33,5	9	8,5	51	0

Tabela 1

I_0	8796	8265	9350
t_0	1810°	1710°	1911°
X	$A_{t=1810°}$	$A_{t=1710°}$	$A_{t=1910°}$
0	165,9	190,7	146,3
0,1	157,6	181,8	137,8
0,2	149	172,9	129,8
0,3	140,4	163,8	120,7
0,4	132,1	155,5	113
0,5	124,2	147,8	104,8
0,6	116,7	142,3	97,5
0,7	112,1	140,9	91,2
0,8	112,4	147,7	87,6
0,9	121,1	169,8	89,1
1	147	221,9	99,4
$A\ min$	111,25	140,8	87,6
X_{optim}	0,75	0,69	0,80

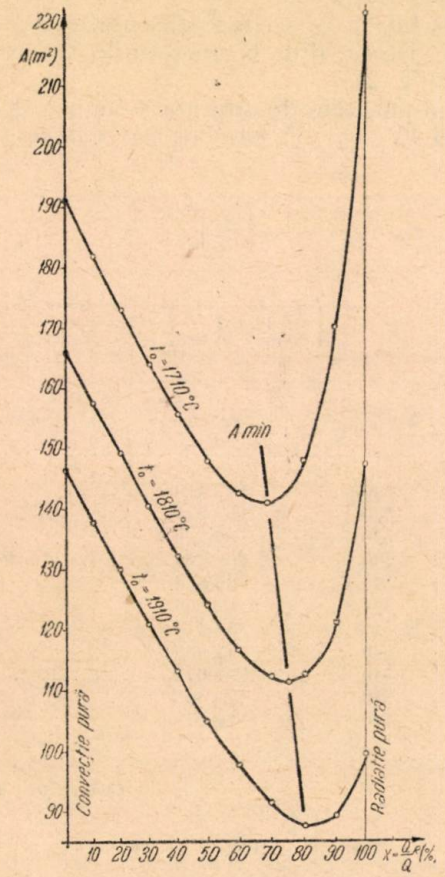


Fig. 2. Suprafaţa sistemului fierbător funcţie de raportul $X = \frac{Q_R}{Q}$ şi de temperatura teoretică a focarului.

optimă pentru o temperatură teoretică a focarului oarecare (fig. 3).

În concluzie la calcularea unui cazan se stabilesc datele iniţiale, apoi din diagrama *I-t* se află temperatura teoretică de ardere corespunzătoare lui I_t la excesul de aer din focar şi se citeşte pe diagrama din fig. 3 valoarea lui

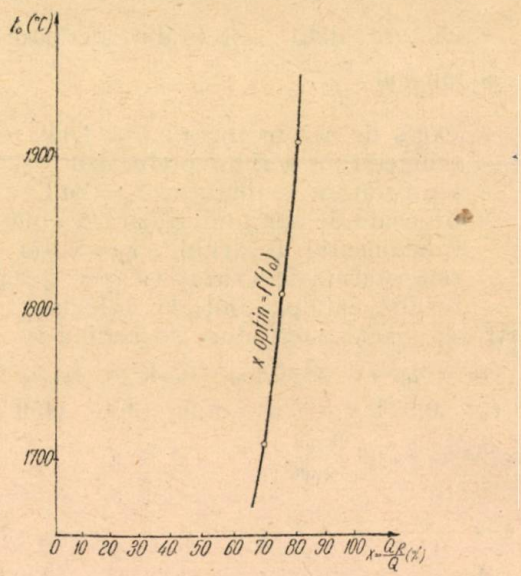


Fig. 3. Raportul optim $X = \frac{Q_R}{Q}$ funcţie de temperatura teoretică a focarului.

X optimă. Se urmează apoi linia de calcul indicată în tabela 1, însă numai pentru o singură valoare a lui X, cea optimă.

Analizînd curbele din fig. 2 şi 3 putem trage următoarele concluzii :

a) Există un raport optim între căldura cedată ecranelor şi căldura cedată sistemului fierbător.

b) Raportul optim pentru Q_R/Q este cuprins între 0,7 şi 0,8 pentru majoritatea cazurilor practice, avînd valorile mici la temperaturi teoretice de ardere joasă, iar valorile mari pentru temperaturi teoretice de arderi înalte.

c) Depărtîndu-ne de punctul X optim este mai bine să ne deplasăm spre un X mai mic (respectiv convecţie mai multă) deoarece spre un X mai mare (radiaţie mai multă) suprafaţa necesară creşte foarte repede.

d) Cu cît temperatura teoretică a flăcării este mai joasă cu atît soluţia cazanului de radiaţie pură, sau numai cu un fascicol mic de convecţie, este mai neeconomică, creşterea suprafaţei sistemului fierbător faţă de cea minim posibilă putînd atinge 100%.

★

ЭКРАНИРОВАНИЕ В КОНСТРУКЦИИ И МОДЕРНИЗАЦИИ КОТЛОВ

Р е з ю м е

Для конструкции и модернизации котла необходимо изыскание решения дающего минимум поверхности для кипятильной системы. Вариант чисто радиационный или чисто конвективный представляет два предельных случая дающих максимальную поверхность. Минимальная поверхность получается при передаче 70 – 80% тепла кипятильной системы радиацией а остальные 20—30% конвекцией. Поверхность полученная по этому экономическому решению на 20—50% меньше поверхности в предельных случаях (фиг. 2).

На сколько выше теоретическая температура горения в топке, на столько может быть больше тепло переданное радиацией. Точное отношение дано на диаграмме (фиг. 3).

CONSIDERAŢII ASUPRA SISTEMELOR DE PROTECŢIE PRIN CURENŢI PURTĂTORI DE ÎNALTĂ FRECVENŢĂ

Conf. ing. CORNELIU PENESCU

Articolul tratează problema protecţiei care la reţelele de foarte înaltă tensiune şi mare capacitate de transport se amplifică prin perturbaţii în circulaţia puterilor în cazul scurtcircuitelor de lungă durată şi prin stabilitatea dinamică. Se examinează sistemul de teleprotecţie cu treaptă prelungită rapid Se arată necesitatea teleprotecţiei şi se studiază sistemele de teleprotecţie prin curenţi de înaltă frecvenţă. Se compară sistemele cu blocaj cu cele cu transmitere la distanţă a fazei

1. Necesitatea teleprotecţiei

Datorită uriaşei dezvoltări pe care o ia tehnica modernă, instalaţiile producătoare şi distribuitoare de energie electrică au trebuit să urmeze ritmul necontenit de creştere al cererilor de electricitate.

Pentru aceasta centralele electrice au început să fie realizate cu puteri instalate din ce în ce mai mari, iar capacitatea liniilor de transport a fost mărită cu mult.

Mărirea capacităţii liniilor de transport, atît din punctul de vedere al puterii transportate cît şi al distanţei, s-a obţinut prin mărirea necontenită a tensiunii nominale ajungîndu-se actualmente, în mod curent, la tensiuni de 280 kV şi uneori chiar 400 kV. Datorită acestei creşteri apreciabile a tensiunii a rezultat imediat o creştere considerabilă a capacităţii de transport (putere şi distanţă) în aşa fel că o linie de foarte înaltă tensiune se poate realiza astăzi ca să transporte sute de MVA la distanţe de sute de kilometri.

Este clar însă că dacă s-au realizat uriaşe avantaje prin această mărire a capacităţii de transport, nu în mai mică măsură s-au complicat şi măsurile necesare de luat pentru asigurarea în cît mai bune condiţii a funcţionării acestor linii. În această privinţă un rol însemnat îl joacă protecţia prin relee.

Dacă înainte, la capacităţi de transport reduse şi la tensiuni medii sau joase, protecţia avea ca scop să acţioneze în aşa fel încît să se perturbe cît mai puţini consumatori, la tensiunile actuale foarte înalte, problemele devin mult mai complicate. În adevăr, la micile instalaţii un timp de declanşare mai lung avea desavantajul unei întreruperi mai mari a consumatorului şi eventual o solicitare termică mai mare a aparatajului electric, care putea însă ca să fie dimensionat, cu uşurinţă, la aceasta.

La aceste instalaţii timpii cei mai scurţi de declanşare erau cuprinşi între 0,2" — 0,5" (socotiţi la protecţiile de bază) la care se mai adaugă şi timpul propriu ale întrerupătoarelor. Valoarea de 0,2" era considerată în general ca suficientă şi puţine relee o satisfăceau. În plus, la instalaţiile mici, cu întrerupătoare avînd putere mică de rupere, era un avantaj chiar un timp mai lung de declanşare prin aceea că se reduceau considerabil curenţii de scurtcircuit şi prin aceasta puterea de scurtcircuit datorită descreşterii rapide a componentei aperiodice şi subtranzitorii.

La reţelele de foarte înaltă tensiune şi mare capacitate de transport în afară de consideraţiile de mai sus s-au mai adăugat încă două, de o importanţă capitală :

— perturbaţie în circulaţia puterilor, dintr-un sistem, în cazul unui scurtcircuit de lungă durată ;

— stabilitatea dinamică.

Dacă primul caz se întîlnea, într-o măsură mai redusă şi la liniile cu capacitate mai mică de tranzit, al doilea este specific liniilor lungi de foarte înaltă tensiune.

În cazul funcţionării cu reţele de linii lungi, care leagă între ele centrale importante, este firesc că aceste centrale vor lucra cu defazaje importante în scopul transportului maxim de putere şi în limita admisibilă a stabilităţii statice (60° —65°). La scurtcircuite, cu toate măsurile ce se iau (creşterea forţată a excitaţiei) datorită momentelor de inerţie GD^2 uzuale ale maşinilor şi dacă scurtcircuitul durează mult timp, stabilitatea dinamică poate să nu mai fie satisfăcută şi prin aceasta centrale mari să iasă din paralel, fără a mai vorbi de pendulări şi alte fenomene de o gravitate excepţională.

Este deci clar că a fost nevoie de a se reduce cît mai mult posibil timpul total de declanşare la scurtcircuit al întrerupătoarelor. Prin aceasta este evident că a crescut enorm puterea de scurtcircuit, pe care aparatajul de comutaţie era necesar să o suporte, dar problema a fost rezolvată prin realizarea aparatajului cu o capacitate de rupere extrem de ridicată (5 000, 6 000 şi chiar 10 000 MVA la 300 kV).

In aceste condiţii se consideră că pentru instalaţii funcţionînd la tensiuni de 110 kV *şi mai mult şi avînd reţele lungi la care se pun probleme de stabilitate dinamică şi statică, timpul total de declanşare al fiecărui întrerupător nu trebuie să fie mai mare de* 0,1 ÷ 0,12 s, *înţelegînd prin acest timp, timpul maxim de durata scurtcircuitului*, (deci inclusiv timpul propriu al protecţiei).

Cum, în general, o linie de foarte înaltă tensiune se consideră de interconexiune, deci avînd alimentare la ambele capete, rezultă că în timpul menţionat mai sus, ambii întrerupători (de la cele două capete) trebuie să declanşeze. Aceasta înseamnă un timp de :

$$t = 5-6 \text{ perioade la } 50 \text{ Hz.}$$

În scopul de a se reduce la minimum perturbaţia între centralele interconectate şi avîndu-se în

vedere că majoritatea defectelor pe linii aeriene sînt trecătoare (care nu se repetă dacă se întrerupe pentru scurt timp tensiunea pe linii), s-a introdus sistemul declanşării cu reanclanşare repetată automată (sistemul RAR) fie trifazată fie monofazată (RARF).

Aceste două condiţii :

— timp cît mai redus de eliminare a defectului ;

— reanclanşarea repetată automată, au pus noi probleme de rezolvat protecţiei prin relee.

S-ar părea că protecţia de distanţă (impedanţă sau reactanţă) ar fi cu totul adecvată acestui scop ; într-adevăr prin funcţionarea protecţiei de acest gen, se poate asigura o declanşare rapidă pentru aproximativ întreaga porţiune de linie protejată, (80%) adică ambii întrerupători de la cele două capete să declanşeze rapid oriunde ar fi defectul.

Releele de distanţă au însă unele dezavantaje principale :

a) Măsura distanţei se face în două moduri :

prin măsura impedanţei ;

prin măsura reactanţei.

Ori, utilizarea măsurii impedanţei creează falsificări în măsură, datorită faptului că, la linii aeriene, rezistenţa arcului electric poate aduce la necorespondenţe între valoarea măsurată a impedanţei şi aceea distanţei. Pe de altă parte, utilizarea măsurii reactanţei, deşi nu prezintă defectul de mai sus, sînt sensibile la pendulaţii între maşinile interconectate şi prin aceasta necesitînd precauţii speciale (blocaj contra pendulaţiilor).

b) Treapta rapidă nu poate fi coborîtă la valori prea mici datorită complexului de relee ce formează o schemă de protecţie de distanţă.

Dacă se consideră că în cea mai simplă schemă de protecţie, de la sezisarea defectului şi pînă la acţionare (trimiterea impulsului de declanşare) se excită succesiv următoarele elemente (relee) :

— elementul de demaraj, timp de circa 50 ms ;

— elementul de comutaţie al tensiunilor la elementul direcţional şi de măsură al impedanţei (reactanţei) timp de circa 50 ms

— elementul direcţional timp de circa 50 ms

— elementul de măsură timp de circa 30 ms

— elementul de acţionare timp de circa 100 ms

Total circa 230 ms

Rezultă că în general, timpul minim de acţionare al releului de protecţie este de :

$$\Delta t_r \geqslant 0{,}1 \text{ s.}$$

Minimul acestei cifre este însă rar întîlnit în practică şi sînt puţine relee realizate în acest gen (de exemplu releele tip L_3 BBC şi PZ 157 sovietic).

De obicei releele de distanţă se realizează cu treapta rapidă de

$$\Delta t_{r_1} = 0{,}2 \text{ s.}$$

Datorită însă faptului că timpul acesta este realizat prin cumularea a o serie de timpi intermediari, el se realizează în general cu o eroare de $\pm$ 15%, deci :

$$t_r = 0{,}17 - 0{,}23 \text{ s.}$$

Dacă se socoteşte acum şi timpul propriu de declanşare al unui automat modern de circa (valoare valabilă la întrerupătoarele cu aer sau ulei puţin) :

$$t_i \approx 0{,}06 \text{ s}$$

cu aproximaţie de $\pm$ 10% :

$$\Delta t_i = 0{,}05 - 0{,}07 \text{ s}$$

rezultă că timpul total de declanşare al protecţiei de distanţă, la treapta rapidă va fi :

$$\Delta t_{p_I} = \Delta t_{r_I} + \Delta t_i = 0{,}22 - 0{,}30 \text{s}$$

$$\Delta t_{p_I} = 0{,}22 - 0{,}30 \text{ s}$$

sau la releele ultrarapide, menţionate mai sus,

$$\Delta t_{p_I} = 0{,}15 - 0{,}17 \text{ s.}$$

Se vede uşor că acest timp este cu mult superior celui stabilit mai înainte. Rezultă de aici că protecţia de distanţă se poate aplica la

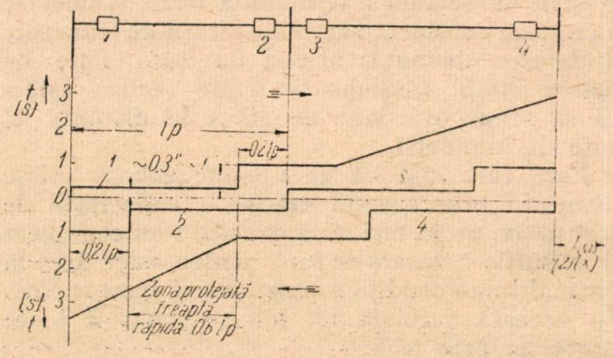


Fig. 1. Protecţia rapidă prin releu de distanţă

reţele de înaltă tensiune la care problemele de stabilitate nu sînt chiar atît de acute.

c) Treapta rapidă la releele de distanţă nu se poate realiza pe întreaga porţiune protejată, aceasta deoarece, după cum se ştie, ar crea funcţionări neselective la releele din aval.

De aceea este necesar a se crea o treaptă de timp suplimentară care să permită o funcţionare selectivă la defecte în afară de porţiunea protejată.

Pentru motivul că impedanţa primei zone (sau reactanţa) nu se poate măsura cu o exactitate prea mare, se începe treapta intermediară după 80% din lungimea totală. Cum releele de distanţă au o funcţionare unidirecţională, adică sînt blocate la o scurgere a energiei într-un sens invers celui convenţional ales (de la bare în spre linii), rezultă că o zonă de 60% din linii va fi protejată cu treapta rapidă şi restul de 40% din care 20% la unul din capete şi 20% la celălalt capăt, cu treapta intermediară (fig. 1). Avînd în vedere că diferenţa între treptele de timp trebuie

să fie, în general de 0,7 secunde (minimum 0,5") rezultă că :

$$\Delta t_{pII} = \Delta t_p + 0{,}7$$

$$\Delta t_{pII} \approx 1''.$$

Excluzînd faptul că acest lucru creează dezavantajii mari asupra stabilităţii, se creează o dificultate mare asupra sistemului modern de reanclanşare repetată automată.

Se ştie că reanclanşarea repetată automată are drept scop reducerea, pe cît posibil, a întreru-

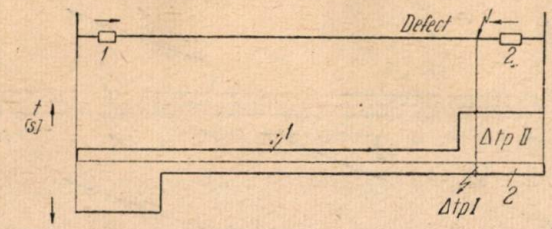


Fig. 2.

perilor liniilor de transport şi distribuţie în caz de avarie. La ivirea unui defect, linia este scoasă de sub tensiune :

— fie pe toate trei fazele odată ;

— fie pe o singură fază, cea defectă

şi după trecerea unui timp este supusă automat sub tensiune.

Dacă defectul a dispărut, ceea ce are loc la circa 90% din defectele liniilor aeriene, totul reintră în normal. Dacă defectul persistă, urmează iarăşi o declanşare urmată eventual iar de o reanclanşare, numărul de declanşări şi reanclanşări succesive depinzînd de scopul urmărit.

În general dacă numim : „ciclul de reanclanşare automată" succesiunea de operaţii pe care le execută întrerupătorul de la o poziţie stabilă la o altă poziţie stabilă, se realizează de obicei următoarele cicluri, în ipoteza defectelor persistente :

I) închis — deschis — închis — deschis : 1 reanclanşare ;
II) închis — deschis — închis — deschis — închis — deschis : 2 reanclanşări ;
III) închis — deschis — închis — deschis — închis — deschis-închis — deschis : 3 reanclanşări.

Timpul în care întrerupătorul este necesar să fie declanşat, se numeşte „timp de desionizare". Acesta precede întotdeauna operaţiunii de reanclanşare şi este neapărat util spre a se putea desioniza atmosfera din jurul arcului, după stingerea sa spre a nu se crea condiţiile posibile reaprinderii. Timpul de desionizare variază cu tensiunea şi anume creşte cu aceasta.

În cuprinsul unui ciclu : închis — deschis — închis vor exista următoarele intervale de timp :

a) momentul apariţiei defectului şi sezisării releului : $t = t_0$

b) momentul acţionării releului : $t_0 + \Delta t_r$

c) momentul declanşării întreruptorului : $t_0 + \Delta t_r + \Delta t_i$

d) momentul comenzii de reanclanşare :

$$t_0 + \Delta t_r + \Delta t_i + \Delta t_{des}$$

e) momentul restabilirii curentului (închiderea întrerupătorului) : $t_0 + \Delta t_r + \Delta t_i + \Delta t_{des} + \Delta t_a$ în care (fig. 3) :

Δt_0 este timpul de lucru al releului ;
Δt_i — timpul de declanşare al întrerupătorului ;
Δt_{des} — timpul de desionizare ;
Δt_a — timpul de reanclanşare.

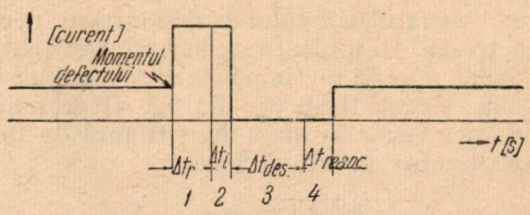


Fig. 3. Timpurile la un ciclu de reanclanşare automată.
1 — Δt_r — timp de lucru al releului de protecţie (rapid sau intermediar) ;
2 — Δt_i — timp de declanşare al întrerupătorului ;
3 — Δt_{des} — timp de desionizare ;
4 — Δt_{reanc} — timp de reanclanşare ;

Din acestea :

$\Delta t_r + \Delta t_i = \Delta t_p$ este timpul de lucru al protecţiei enunţat mai sus ;
Δt_{des} — timpul de desionizare ;
Δt_a — între 0,1 s şi 0,16 s (5 şi 8 perioade la 50 Hz).

Să considerăm acum cazul unei reţele de 110 kV şi un defect întîmplat în zona corespunzătoare treptei intermediare la un releu şi treaptă rapidă la celălalt (fig. 2). Considerăm

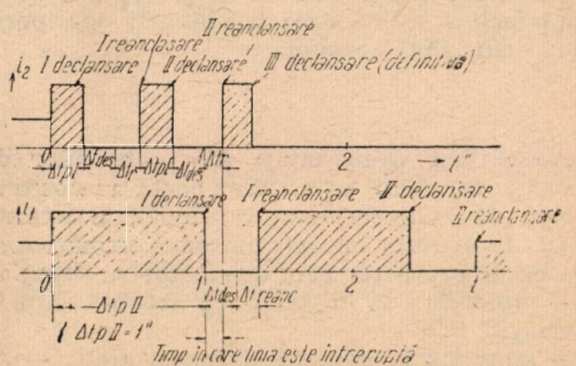


Fig. 4. Mecanismul RAR la releu de distanţă.

că fiecare releu permite un ciclu de reanclanşare automată :

închis — deschis — închis — deschis — închis deschis

$$I - D - I - D - I - D$$

adică două reanclanşări.

După apariția defectului se vor sezisa ambele relee. Releul *2* va determina declanșarea după un timp corespunzător treptei rapide (total 0,3 s). Întrerupătorul *1* nu declanșează, deoarece funcționează după a doua treaptă, deci defectul continuă să fie alimentat însă numai printr-o parte. După trecerea timpului de desionizare (~0,2''), releul de pe întrerupătorul *2* dă comandă de reanclanșare după 8 perioade, de exemplu, adică 0,16 s. El va închide însă tot pe defect. Ca urmare la acest fapt după circa 0,3 s se dă din nou comandă de declanșare și întrerupătorul *2* declanșează a doua oară.

În intervalul cînd acest întrerupător stă declanșat în intervalul timpului de desionizare, declanșează, trecînd timpul intermediar, și întrerupătorul *1*. Rămîne deci că un timp linia va fi complet fără tensiune. Acest timp (t_D din fig. 4) trebuie să fie în orice caz mai mare decît timpul de desionizare necesar tensiunii liniei :

$$t_D > t_{\text{desionizare}}$$

Se știe că :

$$0{,}16'' = t_D < t_{D\ \text{desionizare}},$$

deci condiția nu este îndeplinită. În aceste condiții, întrerupătorul *2* închizînd pentru a doua oară, determină restabilirea defectului. Ca urmare a acestui fapt întrerupătorul declanșează, de această dată definitiv.

După trecerea timpului intermediar, întrerupătorul *1* declanșează a doua oară, defectul dispare și reanclanșînd linia este pusă sub tensiune, fără defect însă cu alimentare de la un singur capăt.

Rezultă deci că, în cazul nostru, un defect care putea fi eliminat de la o singură declanșare a durat un timp îndelungat, în situația finală un întrerupător rămînînd definitiv declanșat.

Se observă deci că, printr-o funcționare neconformă a protecției RAR-ul își pierde avantajul său principal, adică acela de a lăsa cît mai puțin timp liniile fără tensiune.

*

Aceste trei dezavantaje ale protecțiilor de distanță au făcut ca ele să nu poată fi folosite în cazurile de declanșări foarte rapide sau cu sistemul RAR. In acest scop s-au introdus următoarele sisteme de protecție care îmbunătățesc situația :

— protecția de distanță cu treaptă rapidă prelungită ;

— protecția la distanță (teleprotecție)-

În primul caz s-a căutat, folosind tot releele de distanță, să se elimine desavantajul prezentat la declanșarea cu reanclanșare automată.

Principiul este următorul : la prima declanșare releul are caracteristica rapidă prelungită cu încă 15% peste lungimea liniei protejate. Deci oriunde ar fi defectul, în zona protejată, el va fi secționat rapid de la ambele capete ; dacă defectul persistă, la o reanclanșare și o nouă declanșare releul va funcționa după curba clasică (fig. 5). Rezultă că un defect pe linie va fi sigur întrerupt și eliminat dacă ajunge o singură întrerupere, iar dacă defectul este grav și se menține la reanclașare, rezultă că treapta intermediară nu mai are nici un rol deoarece și așa defectul este permanent.

Defectul acestui sistem este că un scurtcircuit pe linia următoare, în intervalul de 15% amintit mai sus, determină declanșarea întrerupă-

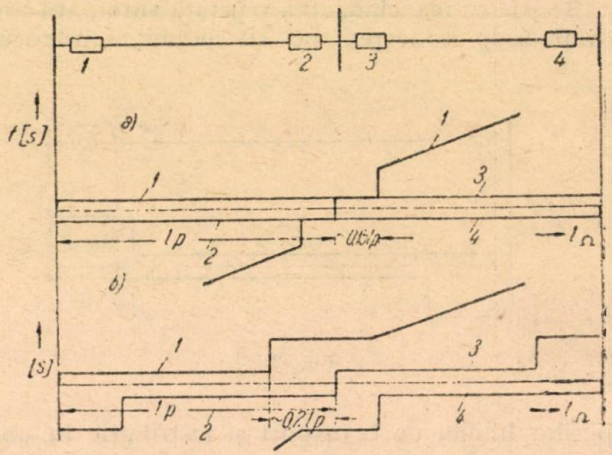


Fig. 5. Sistem de protecție de distanță cu treaptă rapidă prelungită (*a* la I decl. *b* la a II-a decl.).

torului imediat în amonte de defect și întrerupătorul celeilalte linii. Dar sistemul de reanclașare automată permite repunerea în funcțiune a întrerupătorului care nu trebuie să funcționeze și care acum își regăsește curba clasică de funcționare și protecția devine selectivă. Acest sistem se mai numește și *„cu accelerarea protecției"* (fig. 5).

Avantajul este indiscutabil : este clar că deficiențele anterioare dispar. Dezavantajul rezultă însă în faptul că se pierde în mod inutil o declanșare (de exemplu a întrerupătorului *1* pentru probabilitatea unui accident în intervalul de 15%) precum și în faptul că treapta rapidă a protecției de distanță este insuficientă, după cum s-a menționat, pentru linii lungi și de foarte înaltă tensiune.

In cel de al doilea caz, protecția de la întrerupătorul unuia din capetele liniei nu acționează indepedent ci între cele două protecții : de la cele două capete ale porțiunii protejate, există o legătură care permite să se acționeze în așa fel că dacă defectul se petrece în interiorul porțiunii protejate ambele relee să lucreze cît mai rapid cu putință iar în cazul cînd defectul este în afară să nu acționeze. Existența acestei legături permite ca releele de la capătul porțiunii protejate să nu fie neapărat relee de distanță ; în adevăr comparînd mărimile electrice de la un capăt cu mărimile electrice de la capătul opus, sînt o serie de criterii care permit a se determina în mod sigur dacă defectul se petrece în interiorul sau în exteriorul porțiunii protejate.

Acest lucru permite utilizarea, după cum se va vedea, a releelor simple și rapide (în special electronice). Prin aceasta se poate scurta timpul

de acţionare al protecţiei la circa 0,02" şi deci se poate mări stabilitatea dinamică în caz de scurtcircuit.

In acest caz protecţia nu poate fi tratată independent la un singur capăt : releele de la fiecare din cele două capete vor determina acţiuni la distanţă în scop de protecţie. Pentru acest motiv aceste sisteme se numesc şi *„sisteme de teleprotecţie"*

La rîndul lor sistemele de teleprotecţie se pot subîmpărţi în mai multe categorii după felul curentului electric transmis pe linia de legătură dintre cele două protecţii (de la ambele capete).

Astfel există următoarele tipuri :

— teleprotecţie prin curent continuu ;

— teleprotecţie prin curent alternativ de joasă frecvenţă ;

— teleprotecţie prin curenţi purtători de înaltă frecvenţă.

In primul şi al doilea caz, cele două grupe de relee de la capetele porţiunii protejate, sînt legate prin circuite electrice fizice adică prin conductori fizici, folosiţi exclusiv în scop de teleprotecţie. In ultimul caz, utilizarea sistemelor de curenţi purtători de înaltă frecvenţă permite folosirea pentru scopuri de teleprotecţie a unor circuite, întrebuinţate şi pentru alte scopuri.

In reţelele de transport se foloseşte chiar linia de transmisiune de energie în acest scop, prin aparatura care serveşte pentru telefonie, telemăsură sau telecomandă sau printr-o aparatură specială de teleprotecţie.

2. Clasificarea sistemelor de teleprotecţie de înaltă frecvenţă

Teleprotecţia prin înaltă frecvenţă este actualmente forma fundamentală de protecţie a liniilor de 110 kV şi superioare, linii care fac parte din sisteme energetice complexe şi la care rapiditatea necesară la întreruperile în caz de avarii nu poate fi asigurată prin alte metode mai simple.

Aparatura de teleprotecţie foloseşte instalaţii de telecomunicaţii de înaltă frecvenţă prin curenţi purtători pe liniile de energie, care pot fi eventual folosiţi şi în alte scopuri (telemăsură, telecomenzi, telefonie etc.) Prin faptul utilizării în comun a aparaturii de înaltă frecvenţă costul instalaţiei, scade substanţial şi sistemul poate deveni deosebit de economic ; scăderea siguranţei în funcţionarea protecţiei, argument adus deseori la folosirea în comun a acestei aparaturi,nu justifică întotdeauna introducerea unei aparaturi separate.

La aparatura de înaltă frecvenţă se rezervă în general pentru scopuri de teleprotecţie, unul sau mai multe canale de modulaţie ; din acest punct de vedere, teleprotecţia se comportă ca şi o instalaţie de telemăsură sau de telecomandă. De obicei, în cazul modulaţiei în amplitudine (cea mai frecvent utilizată), se rezervă canale :

— fie la frecvenţe foarte joase (100—200 Hz) la limita de jos a benzii de modulaţie ;

— fie la frecvenţa muzicală înaltă (3 000 — 5000Hz) la limita de sus a benzii de modulaţie.

Dacă aparatura este folosită numai în scop de teleprotecţie, atunci se acţionează de obicei, asupra semnalului de înaltă frecvenţă emis, fără ca acesta să mai fie modulat.

Sistemele de teleprotecţie de înaltă frecvenţă se pot clasifica în următoarele categorii :

— Protecţia comparativă, bazată pe comparaţia curenţilor ce circulă pe linie la ambele capete ale porţiunii protejate.

— Protecţia cu blocare de înaltă frecvenţă bazată pe comparaţia puterilor ce circulă la fiecare din capetele liniei protejate.

— Protecţie prin curenţi circulatori de înaltă frecvenţă.

Protecţia comparativă se realizează prin comparaţia dintre curenţii de la cele două capete ale

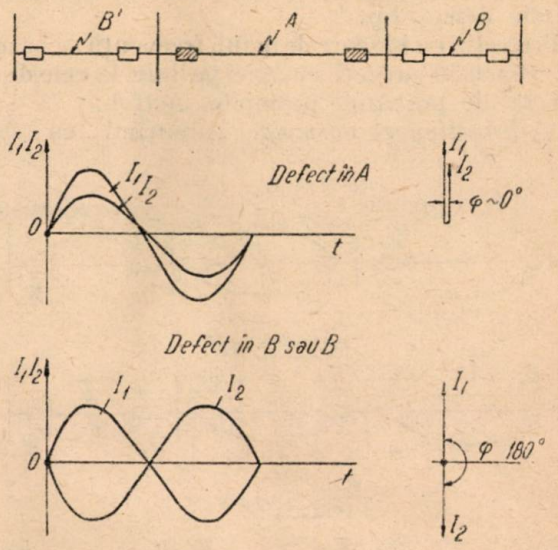


Fig. 6. Funcţionarea protecţiei comparative de fază longitudinală (s-a ales ca sens pozitiv al curentului, sensul de la bază înspre linie).

porţiunii protejate. Dacă admitem ca sens pozitiv convenţional sensul curenţilor ce pleacă de la bare în spre linii, rezultă că faza relativă dintre cei doi vectori va reprezenta un criteriu univoc de determinare a locului defectului (fig.6).

Astfel :

a) *Funcţionare normală.* In acest caz dacă neglijăm reactanţa transversală a liniei putem scrie :

$$\varphi = \pm 180°$$

în care φ este decalajul dintre curenţi. Semnul este determinat de sensul puterii.

b) *Defect înafara zonei protejate* (*B* sau *B'* din fig. 6). In cazul acesta se poate determina că decalajul este (foarte exact) :

$$\varphi = \pm 180°$$

semnul provenind de la locul în care se găseşte defectul (în *B* sau *B'*).

c) *defect în interiorul zonei protejate.* (Cazul *A* din fig. 6).

Decalajul dintre vectorii curenţi va fi :

$$\varphi \cong 0°.$$

In primele două cazuri, amplitudinea vectorilor curenţi este sensibil egală, dacă se neglijează curentul ce trece prin reactanţa transversală, spre pămînt.

În ultimul caz amplitudinile nu mai pot fi egale din cauză că alimentarea defectului de la cele două capete de linii, se face de către surse avînd reactanţe şi rezisenţe diferite iar poziţia relativă a axei generatorilor nu este aceeaşi. Tot din cauza faptului că tensiunile de la cele două capete ale liniei nu sînt în fază ci depind de poziţia relativă a rotoarelor generatorilor în sistem, rezultă că decalajul de 0° este numai aproximativ. El va fi riguros 0° dacă defectul are loc la jumătatea porţiunii protejate, linia este omogenă şi tensiunile de la capetele liniei sînt în fază.

Se vede din cele de mai sus că există un criteriu în stabilirea fără posibilitate de ambiguitate, a locului defectului.

Protecţia cu blocare de înaltă frecvenţă se bazează pe sensul curgerii energiei pe linie, la cele două capete ale porţiunii protejate. Astfel :

a) *Funcţionare normală.* Admiţînd ca sens

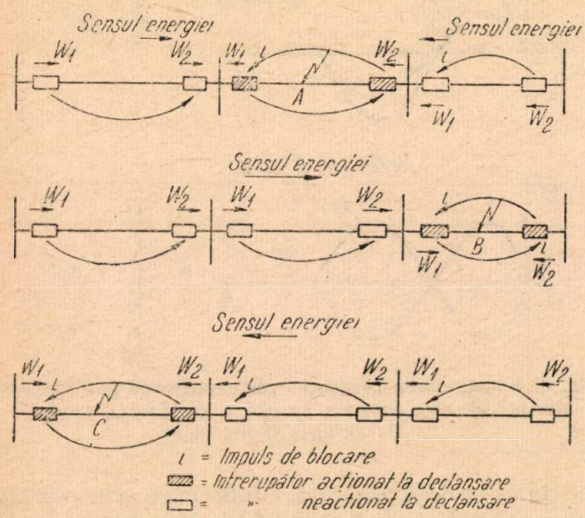


Fig. 7. Principiul protecţiei cu blocare de înaltă frecvenţă.

pozitiv sensul convenţional de la bare în spre linii rezultă că, neglijînd pierderile în linii :

W_1 pozitiv — W_2 negativ

W_1 negativ — W_2 pozitiv.

b) *Defect în afara de zona protejată.* In acest caz sensul curgerii energiei pe linie este invers la cele două capete şi anume :

W_1 pozitiv — W_2 negativ

W_1 negativ — W_2 pozitv.

c) *Defect în zona protejată.* In acest caz :

W_1 pozitiv — W_2 pozitiv.

Deci dacă sensul energiei (puterii) este acelaşi la ambele capete ale liniei rezultă că defectul este în interiorul porţiunii protejate.

In principiu prin măsura sensului puterii la ambele capete, se determină (fig. 7) emiterea de impulsiuni de frecvenţă înaltă care blochează protecţia în caz că defectul este înafară de zona protejată şi o liberează atunci cînd defectul este în această zonă.

Principial dacă cele două capete îşi trimit reciproc impulsiuni se poate prezenta una din situaţii : de exemplu defect în porţiunea protejată iar dacă numai un singur capăt trasmite impulsiunile, poate reprezenta situaţiunea inversă : defect înafară de porţiunea protejată.

Protecţia cu curenţi circulatori de înaltă frecvenţă se realizează pe un principiu cu totul original.

La cele două capete ale porţiunii protejate se montează cîte un echipament de înaltă frecvenţă (fig. 8) şi anume la un capăt o instalaţie

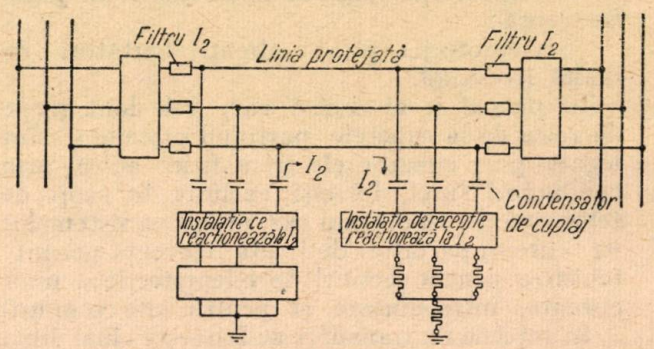


Fig. 8. Principiul teleprotecţiei cu curenţi circulatori de înaltă frecvenţă :

I_1 — curent de frecvenţă joasă (industrială) ;
I_2 — curent de înaltă frecvenţă de circulaţie de componentă inversă.

de emisie iar la celălalt capăt o instalaţie de recepţie. Cuplajul la linie se face simetric prin trei condensatori de cuplaj spre deosebire de unul sau doi la sistemele cunoscute de curenţi purtători. La capetele liniei dinspre bare se montează filtre spre a se împiedica trecerea înaltei frecvenţe spre instalaţiile de curent tare.

Impedanţele şi rezistenţele fiecărei faze în parte la curenţii de înaltă frecvenţă sînt echilibrate în aşa fel ca să nu existe posibilitatea ca să se creeze unde staţionare şi deci reflexiuni.

In această situaţie, dacă de la generator se aplică liniei trei tensiuni de înaltă frecvenţă simetrice şi echilibrate vor lua naştere pe linie trei curenţi simetrici şi echilibraţi în caz că linia nu este defectă. Un defect pe linie atrage de la sine şi perturbaţie în sistemul de transmisie de frecvenţă înaltă. Dacă defectul nu este simetric (scurtcircuit bipolar între faze sau monopolar şi bipolar cu pămîntul) se dezechilibrează şi curenţii de înaltă frecvenţă. In acest caz, filtre de componentă inversă I_1 aşezate la partea generatorului şi partea receptorului, vor marca apariţia unui curent de componentă inversă, ce determină secţionarea rapidă a liniei, din ambele părţi.

*

Din toate aceste trei categorii de teleprotecţie de înaltă frecvenţă, unele au o aplicaţie mai mare, altele mai mică sau chiar deloc. Se prezintă astfel următoarea situaţie :

Protecţia comparativă de fază este mai modernă şi are deosebitul avantaj al totalei insensibilităţi

la pendulaţii, la efectul de zonă moartă şi la defecte în afară de zona protejată, toate acestea coroborate cu o extremă rapiditate de acţionare. Totuşi datorită complicaţiei aparaturii de înaltă frecvenţă şi de adaptare a releelor de protecţie la această aparatură, ea nu s-a utilizat pe o scară întinsă şi actualmente se fac încă cercetări.

Protecţia cu curenţi circulatori de frecvenţă înaltă a fost utilizată sporadic în diverse ţări; ea reprezintă următoarele avantaje:

— Acţiune independentă prin aceea că la apariţia unui defect sînt acţionate numai elementele de comutaţie de la porţiunea protejată, celelalte elemente de la porţiunile următoare nu sînt nici măcar sezisate.

— Posibilitatea unui control permanent al izolaţiei liniei, indiferent dacă aceasta se găseşte sau nu sub tensiune. Acest lucru este cu deosebire important mai ales atunci cînd linia este fără tensiune, deoarece se permite uşor şi rapid să se controleze dacă o reparaţie s-a făcut sau nu în condiţii bune. În plus acest avantaj este cu deosebire de remarcat la sistemele de reanclanşare automată cu verificarea tensiunii.

— Independenţa protecţiei de situaţia prezentă în sistemul energetic în afară de linia protejată.

Defectele principale a acestei protecţii sînt:

— Costul ridicat al instalaţiilor datorită necesităţii de a se avea trei bobine de blocaj, trei condensatori de cuplaj şi un echipament de înaltă frecvenţă special utilizat în scop de teleprotecţie. Aceasta în afară de faptul că generatorul şi receptorul trebuie să fie trifazaţi, ceea ce este o oarecare dificultate, mai ales la sisteme electronice.

— Totala insensibilitate a protecţiei la defecte simetrice (scurtcircuit trifazic sau triplă punere la pămînt). In acest caz componenta inversă este nulă. S-ar părea că s-ar rezolva problema determinînd o acţionare prin curent maximal sau prin componenta directă, acestea acţionînd şi la defecte simetrice. Situaţia este însă de aşa natură că nu se poate concepe o protecţie bazată pe maxim de curent deoarece depedenţa curentului de locul de producere al defectului se produce la frecvenţe înalte după alte legi decît acelea de la frecvenţe joase astfel că în funcţie de locul defectului curenţii pot fi mai mari sau mai mici decît curenţii în funcţionare normală. Nici măcar în partea unde se găseşte generatorul nu se poate vorbi de un curent maximal ce caracterizează locul unui defect.

Aceste două defecte principale care au pus în umbră toate celelalte avantaje, au făcut ca această schemă să nu fie utilizată decît foarte puţin.

In U.R.S.S. imediat înainte de război, a fost utilizată o astfel de protecţie modificată pentru a se preîntîmpina defectul iniţial de nefuncţionare la defecte simetrice.

Aceasta constă din aceea că pe linie se trimeteau trei curenţi monofazaţi, proveniţi de la un singur generator monofazat, aceşti trei curenţi fiind, în funcţionare normală, de valori diferite. Totuşi defectul de a se necesita o instalaţie specială de frecvenţă înaltă şi aparataj scump de cuplaj, a făcut că acest sistem de teleprotecţie să fie actualmente abandonat.

Protecţia cu blocare de înaltă frecvenţă a fost şi este cel mai întrebuinţat sistem de teleprotecţie; ea este de fapt o adaptare a clasicii protecţiei secţionale la înaltă frecvenţă (Streckenschutz). Are avantajul că se poate aplica principial, la orice sistem de protecţie cuelemente de direcţie (maximal sau de distanţă) şi nu necesită în afară de aparatura de înaltă frecvenţă dispozitive electrice complicate şi sensibile.

Are dezavantajul pe care îl au releele direcţionale şi cele de distanţă (zone moarte, reacţie la pendulaţii).

3. Teleprotecţia comparativă de fază

Teleprotecţia comparativă de fază face parte din grupa mare a protecţiilor diferenţiale adică din acele protecţii care, numai prin măsura curentului pot determina intervalul unde s-a produs defectul sau, mai bine, dacă defectul s-a produs în interior sau în afară de zona protejată.

Pentru acest motiv teleprotecţia de această natură se mai numeşte şi *„protecţie diferenţială de fază"*.

Acest tip de protecţie poate fi realizat în două moduri:

— prin comparaţia fazei vectorilor curenţi;

— prin comparaţia fazei curenţilor.

Diferenţa între cele două sisteme constă în aceea că în primul trebuie transmise la distanţă valorile instantanee ale curenţilor de la cele două capete, această transmisie făcîndu-se instantaneu, iar cea de a doua transformă valorile eficace ale curenţilor într-o altă mărime, în general impulsii, care însă păstrează caracterul fazei curentului iniţial.

In primul caz rezultă că aparatura de protecţie propriu zisă este foarte simplă, însă există mari dificultăţi în transmiterea la distanţă a valorilor instantanee a curenţilor, adică a vectorilor curenţi, respectîndu-se cu mare exactitate faza. Intr-adevăr, transmisia făcîndu-se prin ajutorul înaltei frecvenţe, este aproape imposibil de împiedecat să nu se ivească defazaje întîmplătoare pe linia de trasmisie, care ar face ca faza să nu se mai transmită corect.

In această privinţă s-au făcut încercări şi se fac şi actualmente obţinîndu-se perfecţionări mari dar pînă în prezent nu se poate spune că problema este tehniceşte vorbind, rezolvată. Menţionăm că încercări încununate de succes s-au făcut în Republica Cehoslovacă (fabricile Tesla şi Krizik).

In cazul teleprotecţiei cu comparaţia fazei nu se trimit la distanţă chiar valorile instantanee ale curenţilor ci alte mărimi electrice, deobicei impulsuri a căror fază relativă este egală riguros cu aceea a curenţilor şi care nu sînt afectaţi de procesul de transmitere la distanţă.

Acest tip de protecţie a fost realizat în practică avînd deplin succes şi deşi aparatura propriu zisă de protecţie este oarecum mai complicată decît în cazul precedent, totuşi, datorită faptului

că transmiterea la distanţă este relativ simplă şi precisă, funcţionarea este sigură.

Acest sistem a fost realizat în U.R.S.S. încă dinainte de zăzboi, in anul 1941, uzinele HEMZ, au realizat primele grupe de relee de acest gen, care au fost supuse încercării de exploatare.

Acest tip de protecţie are următoarele avantaje faţă de protecţia cu blocaj :

— simplicitatea schemei de protecţie ;

— insensibilitatea la pendulaţii ;

— locul defectului este determinat cu precizie, fără să existe zone moarte.

Despre simplicitatea schemei am amintit mai sus că ea este mai mare la sistemul cu transmiterea vectorilor curenţi şi mai mică la sistemul cu transmiterea fazei curenţilor.

Insensibilitatea schemei la pendulaţii apare evidentă din însăşi mecanismul de funcţionare al protecţiei. Intr-adevăr protecţia devine activă atunci cînd diferenţa de fază între curenţii de la capetele porţiunii protejate devine sensibil egală cu zero ; ea este total inactivă pentru defazaje în jurul unei jumătăţi de perioadă (decalaj de aproximativ 180°). Un defazaj de zero corespunde sau la existenţa unui defect în interiorul porţiunii protejate, fie — ceea ce este contrar cu alcătuirea protecţiilor — la existenţa unei surse în interiorul porţiunii protejate.

In cazul unei pendulaţii rînd pe rînd într-un ritm determinat, generatorii unui sistem îşi modifică reactanţa de funcţionare normală, scăzînd-o rapid către reactanţa subtranzitorie. In acest caz, către generatorii în această situaţie va fi un aflux de putere reactivă şi de putere activă, care se va scurge de la generatorii ceilalţi din sistem. In momentul următor, situaţia se schimbă.

Rezultă că pe linii, în speţă pe linia protejată, va fi periodic un flux de putere cînd într-un sens cînd în altul, marcînd un fictiv *scurtcircuit*. Acest scurtcircuit fictiv are loc de fapt în generatorii sistemului deci înafara porţiunii protejate. Cum protecţia comparativă de fază nu reacţionează la acest gen de defecte, rezultă că pendulaţiile sînt fără efect. Intr-adevăr nu va exista nici un moment posibil cînd defazajul dintre curenţii de la capete să fie egal sau aproximativ egal cu zero (fig. 9).

Protecţia comparativă de fază este lipsită de efectul de zonă moartă ; într-adevăr efectul acesta apare atunci cînd direcţia se măsoară pe baza măsurii puterii. Ori, în cazul protecţiei comparative de fază, determinarea locului defectului nu se face decît prin măsura curenţilor şi deci nu poate apare efectul de zonă moartă.

* * *

Una din dificultăţile esenţiale în realizarea protecţiei de acest tip a fost compararea curenţilor de pe cele trei faze, de la ambele capete ale porţiunii de linie. Este foarte complicat, ca prin ajutorul unei aceleaşi aparaturi de înaltă frecvenţă să se poată efectua compararea fiecărui curent de pe fiecare fază. Realizarea a trei echipamente separate de înaltă frecvenţă este o soluţie greoaie şi total neeconomică.

Rămîne deci ca singură posibilă şi raţională, soluţia convertirii celor trei curenţi într-o singură mărime (tensiune) alternativă care să fie

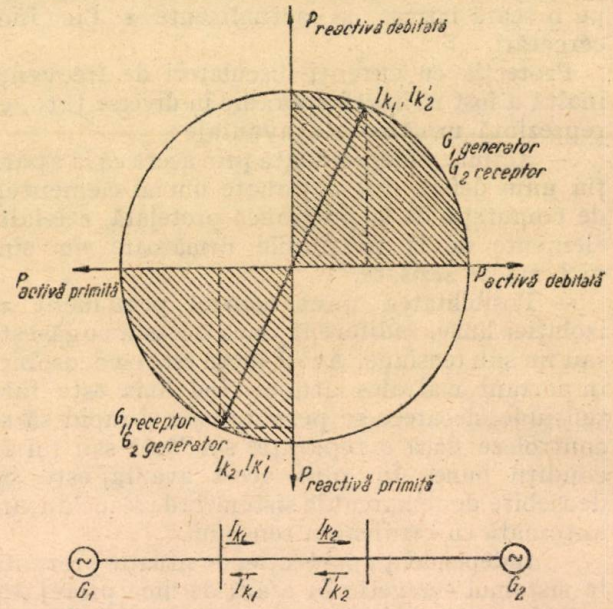


Fig. 9. Funcţionarea protecţiei comparative de fază la pendulări.

comparată, ca fază, cu cea de la capătul opus. Rămîne însă condiţia ca mărimile obţinute să poată determina, prin compararea fazelor respective, în acelaşi mod, ca şi curenţii principali, porţiunea defectă. Cu alte cuvinte între mărimile astfel obţinute să fie acelaşi defazaj ca şi între curenţii principali ; în acest scop s-au întrebuinţat diverse sisteme.

Unul şi cel mai simplu ar fi cel bazat pe filtrele de componentă homopolară. In acest caz curenţii homopolari, care apar la defecte de punere la pămînt a liniilor, respectă fidel condiţia de fază existentă între curenţii principali ; cu atît mai mult acest sistem oferă şi o independenţă aproape riguroasă între curenţii homopolari şi poziţia relativă a axei rotorilor generatorilor din sistemul energetic. In adevăr, în cazul scurtcircuitelor înafara zonei protejate curenţii homopolari se găsesc în opoziţie de fază (riguros) iar în cazul unui scurtcircuit interior se găsesc foarte apropiat în fază.

Din păcate filtrele de componentă homopolară sînt total insensibile la defecte între faze, fără atingere cu pămîntul şi pentru acest motiv nu pot fi utilizate singure. Ele se combină întotdeauna fie cu filtre de curent ale componentei directe, fie inverse. Combinarea filtrului de componentă homopolari cu filtru de componentă inversă este avantajos şi crează o sensibilitate suficientă a protecţiei ; din păcate acest sistem nu s-a realizat pe o scară întinsă, deoarece pe de o parte filtrele de componentă inversă sînt relativ dificil de realizat în bune condiţii, iar pe de altă parte

acestea sînt totalmente insensibile la defecte simetrice (scurtcircuit trifazat).

Combinarea filtrului de componentă homopolară cu filtrul de componentă directă, are avantajul că apariţia componentei directe are loc la toate defectele simetrice sau disimetrice. Dezavantajul este că prin faptul că prezenţa componentei directe are loc chiar în funcţionare normală, trebuie introdus în schema de protecţie un element de demaraj (de obicei maximal de intensitate), care va crea, prin aceasta, o mai slabă sensibilitate a protecţiei. In acest domeniu problema este încă deschisă.

4. Teleprotecţia direcţională cu blocaj de înaltă frecvenţă

Teleprotecţia cu blocaj de înaltă frecvenţă este cel mai utilizat tip de protecţie, în momentul actual. Complexitatea releelor şi posibilitatea de a se obţine secţiuni greşite la scurtcircuite disimetrice, a făcut ca să se studieze diferite moduri de a se simplifica funcţionarea şi de a se mări siguranţa.

In U.R.S.S. studiile în această direcţie s-au făcut încă înainte de război şi cercetările au fost elaborate de Institutul Suvorov din Leningrad iar realizarea practică a releelor a fost opera uzinelori HEMZ din Harcov şi „Zorile Roşii" (HEMZ partea de relee şi Zorile Roşii partea de înaltă frecvenţă). Un complex de relee de acest gen a fost pus în încercare de probă încă imediat înainte de război în sistemul energetic din Ural (Uralenergo). După război studiile au fost continuate şi s-au utilizat noi scheme mai simplificate, iar complexele de relee respective au fost supuse spre încercare la funcţionarea curentă în două sisteme energetice din Uniune. Actualmente este pus la punct, cu succes în exploatare, protecţia de tipul PZ 164, cu filtru de componentă inversă şi homopolară.

Protecţiile cu blocaj de înaltă frecvenţă, deşi foarte variate, se pot grupa în două mari categorii :

a) protecţii care în momentul cînd defectul este înafara zonei protejate trimit impulsuri ce blochează funcţionarea releelor ce nu sînt chemate să lucreze ;

b) protecţii care în momentul cînd defectul este în zona protejată trimit impulsiuni de înaltă frecvenţă care determină deblocarea releelor de pe porţiunea unde s-a întîmplat defectul.

Cea de a doua metodă este mult mai utilizată şi mai sigură.

Inafară de aceasta, existînd, ca la orice protecţie a unor instalaţii importante, protecţie de rezervă, releele din această categorie se pot redija :

— în acelaşi complex cu protecţia de bază ;

— separat de protecţia de bază.

In fine, datorită faptului că aceste relee trebuie să măsoare corect defecte de orice natură : scurtcircuite între faze şi scurtcircuite cu pămîntul, este corect ca să se separe partea de protecţie ce este chemată să lucreze la scurtcircuite între faze de partea care trebuie să acţioneze la scurtecircuite cu pămîntul. In acest caz un complex de relee chemat ca să redijeze o teleprotecţie de acest gen, se compune din următoarele două complete :

a) Un complex de relee alimentat de curenţii şi tensiunile de pe fază care trebuie să funcţioneze la scurtcircuite între faze.

Cînd protecţia de bază se execută diferit de cea de rezervă atunci fiecare va conţine organele sale separate : acţionare (relee de impedanţă minimă) dispozitive de : blocaj de înaltă frecvenţă, blocaj împotriva pendulărilor, blocaj contra arderii siguranţelor. Cînd protecţia de bază se execută separat de cea de rezervă, atunci aceasta din urmă va putea folosi organele de impedanţă minimă (de demaraj) în comun cu cea de la bază, precum şi dispozitivele auxiliare de blocaj.

Ca protecţie de rezervă se utilizează în general protecţia de distanţă (impedanţă sau reactanţă).

b) Un complex de relee alimentat de curentul şi tensiunea homopolară a reţelei ; acest complex nu va acţiona decît la scurtcircuite cu pămîntul. De obicei la acest complex, protecţia de bază se execută separat de cea de rezervă deoarece folosinţa în comun a diverselor organe nu aduce un avantaj economic substanţial pe lîngă inconvenientele pe care această unificare le-ar aduce.

Utilizarea complexelor de relee diferite pentru scurtcircuite între faze, faţă de scurtcircuite cu pămîntul oferă mari simplicităţi în funcţionare şi o mare siguranţă.

De obicei fiecare din aceste complexe se execută cu două sensibilităţi, adică două organe separate de sensibilitate diferită. Organul de sensibilitate mai mare serveşte pentru emiterea impulsurilor de înaltă frecvenţă de blocaj iar organul de sensibilitate mai mică la acţionarea releului (declanşare).

Existenţa a două sensibilităţi diferite în complexul de relee poate avea uneori influenţa dăunătoare asupra funcţionării corecte a teleprotecţiei. Astfel în cazul unui scurtcircuit, pe linii lungi, spre unul din capete, se poate ca unul din complexe să determine numai acţionarea dispozitivului mai sensibil care determină emiterea impulsului de blocaj dar nu şi acţionarea dispozitivului de sensibilitate redusă care va refuza deci să determine declanşarea. La celălalt capăt ambele elemente vor fi acţionate, deci protecţia va funcţiona corect în acest loc, dar incorect în amsamblul ei. Acest fenomen este deosebit de evident şi la linii în paralel unde curenţii de scurtcircuit pe aceste linii sînt destul de mici.

O altă dificultate rezidă în a găsi just metoda pentru determinarea sigură a sensului puterii prin care să se determine uneori porţiunea defectă.

In cazul unui scurtcircuit simetric fără atingere cu pămîntul (fig. 10) va exista numai componentă directă de curent şi tensiune. Dacă scurtcircuitul este metalic vom avea o scurgere de putere de la sursa generatoare spre locul defectului şi anume în locul defectului puterea

este nulă ($u = 0$) iar la sursa generatoare este maximă.

În cazul scurtcircuitelor bifazate apar curenţi de componentă directă şi inversă precum şi

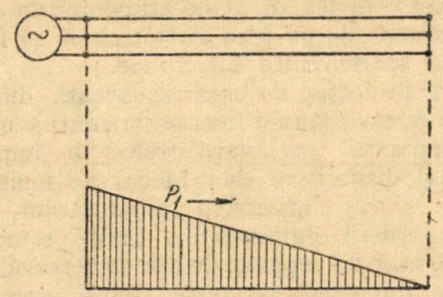


Fig. 10. Circulaţia puterii în cazul scurtcircuitelor simetrice.

tensiuni de componentă directă şi inversă. De la locul de alimentare spre locul defectului (fig. 11) va exista o circulaţie a puterii componentei

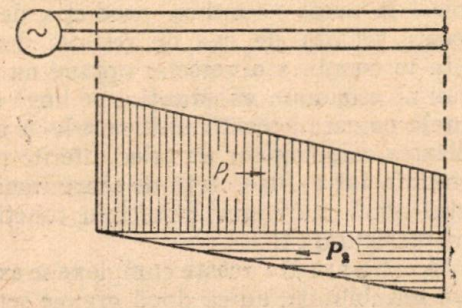


Fig. 11. Circulaţia puterilor în cazul scurtcircuitelor disimetrice.

directe; în locul defectului, după cum se ştie, puterea de componentă directă este egală şi de semn contrar cu puterea de componentă inversă (defectul devine sursa de componentă inversă). În acest caz puterea de componentă inversă va circula de la locul defectului în spre sursa generatoare.

Aceasta revine clar dacă însemnăm cu:

P_1 — puterea componentei directe
P_2 — „ „ inverse
I_{1d} — curent de componentă directă
I_{1i} — „ „ inversă.

Din expresia generală a puterii:

$$P = 3\ UI$$

în care U este tensiunea pe fază:

U_{1d} este tensiunea de componentă directă,
U_{1i} — tensiunea de componentă inversă,

se deduce:

$$P_1 = 3U_{1d}\,I_{1d}$$

şi $P_2 = 3\ U_{1i}\,I_{1i}$

ori la locul defectului:

$$I_{1d} = -I_{2i}$$

$$U_{1d} = +U_{2i}$$

deci: $$P_2 = -P_1$$

Pe de altă parte la toate punctele legate la pământ ale sistemului puterea componentei inverse este, prin definiţie, egală cu zero. Aceasta înseamnă că deoarece la locul defectului puterea componentei inverse este egală cu cea a componentei directe, vom avea o circulaţie de putere de la locul defectului spre toate punctele reţelei puse la pământ.

Puterea reală ce există într-un punct oarecare al circuitului, va fi egală cu suma algebrică a celor două puteri

$$P = P_1 + P_2.$$

Dacă linia alimentează o sarcină oarecare atunci la scurtcircuite între faze disimetrice se va avea aceeaşi circulaţie de putere numai că puterea de componentă directă se va distribui, evident, şi către sarcină (fig. 12). Rezultă că în acest caz de la sursa generatoare spre defect avem o circulaţie pozitivă a puterii de componentă directă şi negativă a celei de componentă inversă. De la defect spre sarcină (celălalt capăt al liniei) avem o circulaţie pozitivă de putere de componentă directă şi o circulaţie pozitivă de putere de componentă inversă.

În cazul scurtcircuitelor monopolare cu pământul(fig. 13) în locul defectului puterea componentei directe este egală şi de un semn contrar cu puterea componentei inverse după cum am văzut plus puterea componentei homopolare ($P_{-3} = 3V_0I_0$)

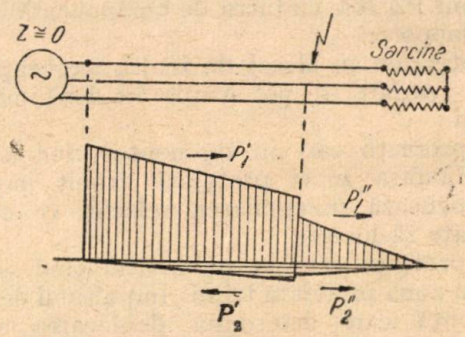


Fig. 12. Repartiţia puterilor componentelor directe, inverse şi homopolare la un scurtcircuit bipolar (P'_1 şi P'_2 puteri de la şi spre sursa generatoare P''_1 şi P''_2 puteri spre sarcină).

care circulă de la locul defectului spre locurile puse la pământ din sistem.

Deci în cazul general al scurtcircuitelor complexe vom avea de aface cu o distribuţie de puteri în lungul liniei şi anume:

— puterea componentei inverse este totdeauna dirijată de la defect spre bară;

— puterea componentei homopolare este totdeauna dirijată de la defect spre bare;

— puterea componentei directe este totdeauna îndreptată de la bara alimentată în spre defect *şi de la defect în spre sarcină.*

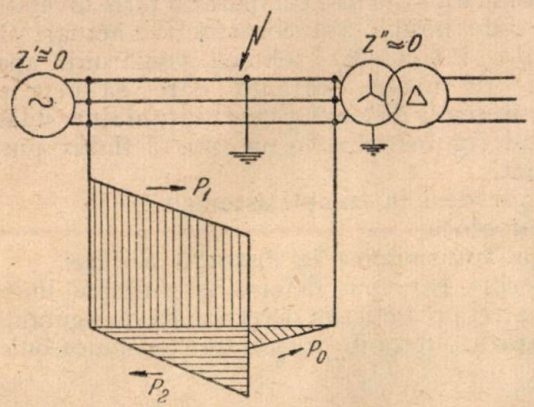


Fig. 13. Repartiţia puterilor la o punere la pământ monofazică.

Într-un punct al circuitului puterea ce circulă în acel punct este egală cu :

$$P = P_1 + P_2 + P_0 .$$

Se vede atunci că puterea componentei directe nu oferă un criteriu precis şi absolut în determinarea, în toate cazurile posibile, a locului defectului (porţiunii de linie pe care a avut loc defectul).

Puterea componentei inverse şi homopolare oferă însă posibilitatea aceasta deoarece ele au totdeauna sensul de circulaţie spre bare.

În instalaţiile de teleprotecţie nu se întrebuinţează pentru acest motiv, elemente direcţionale alimentate de filtre de componentă directă (de tensiune şi curent). Rămîne utilizarea elementelor de direcţie alimentate de filtre de componentă inversă şi homopolară.

Elementele direcţionale alimentate de filtre de componente homopolare (V_0 şi I_0) se utilizează la complexele de relee pentru protecţia contra scurtcircuitelor cu pămîntul. Ea se realizează simplu prin a doua înfăşurare în triunghiu deschis a reductorului de tensiune şi conductorul comun de întoarcere la reductorii de măsură. Trebuie avut însă grije că, deoarece sensul puterii de componentă homopolară este negativ faţă de sensul celei directe, pentru indicarea sensului corect al locului defectului să se conecteze elementul de direcţie invers.

Elementele direcţionale alimentate de filtre de componentă inversă permit o indicare foarte justă a porţiunii defecte la defecte între faze. Ele oferă totuşi două dezavantaje principale:

— o sensibilitate relativă la scurtcircuite simetrice;

— măsura greşită a direcţiei la funcţionarea paratonerilor tubulari de pe linii.

În primul caz este evident că la scurtcircuitele simetrice riguroase componenta inversă este nulă deci şi puterea componentei inverse este nulă, astfel măsura direcţiei acestei puteri, adică indicarea direcţiei zonei defecte, nu se poate face. Totuşi practica arată că defectele simetrice, foarte rare, nu se produc instantaneu ci, înainte de stabilirea unui efect simetric, se trece obligatoriu printr-o oarecare formă de disimetrie (de exemplu greu de presupus că toţi trei con-

Tabela 1

Caracteristicile principale ale teleprotecţiilor de înaltă frecvenţă

Felul teleprotecţiei	Racord la reductor intens.	Racord la reductor de tens.	Timp de acţionare zona protejată	Timp de acţionare în zona protejată	Efect de zonă moartă	Sensibilitatea la pendulări	Demaraj	Elementul de măsură	Aparatura de înaltă frecvenţă	Funcţionare la defectarea înaltei frecvenţe
Teleprotecţie comparativă de fază cu transmiterea vectorilor	Da	Nu	0,04 —0, ls (zona protejată)	Reglabil 0,5—5 ms	Nu are	Nu are	Autodemaraj. Pe curent maxim (circa 0,27) IU	Transf. de însumare	Specială pt. a permite transmiterea la distanţă a vectorilor curenţi	Nu lucrează decît prin rezervă
Teleprotecţie comparativă de fază cu transmiterea fazei	Da	Nu	0,06— 0,15″	Timp de rezervă	Nu are	Nu are	Maximul de indesitate circa 4 × IU	Filtru $I_d + KI_h$	Obişnuită necesită un canal relativ larg (impulsuri)	Lucrează corect la defecte în zona protejată; intempestiv pentru altele
Teleprotecţie cu blocaj de înaltă frecvenţă	Da	Nu	0,1″— 0,2″	Rezervă după caracteristice de impedanţă (reactanţă	Arc trebuie eliminat prin metode speciale	Arc trebuie blocaj (Pendel spend)	Minim de impedanţă sau max. int.	Filtru corespunzător homopolarei şi inversă scara directă	Obişnuită necesită canal îngust	Nu lucrează în zona protejată decît prin rezervă

ductorii unei linii se scurtcircuitează simultan sau cad simultan la pămînt; în general un conductor se rupe, cade peste un altul şi datorită acestui fapt se rupe şi acesta şi împreună cad peste al treilea); ceea ce face ca să apară, chiar pentru o scurtă durată, şi o componentă directă.

În cazul funcţionării paratonerilor problema este mult mai delicată deoarece orice funcţionare a unui paratoner undeva în reţea echivalează cu crearea unei componente inverse de putere care poate determina o funcţionare greşită. Dat fiind în special ultimul inconvenient această metodă este mai puţin utilizată; în adevăr, efectul paratonerilor se poate înlătura numai prin mărirea timpului de acţionare al protecţiei, ceea ce nu este de dorit.

Pentru acest motiv, complexul de relee, care trebuie să acţioneze la scurtcircuite între faze au elemente direcţionale alimentate de curentul şi tensiunea principală a circuitului, deci direcţia măsurată depinde de acţiunea reciprocă a componentelor directă şi inversă. În acest fel posibilităţile de funcţionare greşită sînt mult atenuate.

5. Comparaţia performanţelor teleprotecţiilor de înaltă frecvenţă

Din observarea funcţionării diverselor tipuri de teleprotecţie se pot extrage o serie de avantaje şi dezavantaje pe care aceste dispozitive le oferă.

Vom exclude din comparaţia noastră teleprotecţia cu curenţi circulatori de înaltă frecvenţă care nu intră în considerare pe motive economice

Din tabela 1 se observă aceste caracteristici:

Trebuie limitată însă comparaţia între diversele sisteme de posibilităţile constructive actuale ale tehnicii; într-adevăr tehnica construirii aparatului de înaltă frecvenţă care să permită transmiterea la distanţă a unei mărimi sinusoidale păstrînd riguros faza, ce nu este definitiv pusă la punct.

Rămîn deci în esenţă sistemele;

— cu blocaj;

— cu transmiterea la distanţă a fazei.

Criteriile care pot determina alegerea uneia sau a altei protecţii sînt determinate de siguranţa alimentării, viteza de declanşare, tensiunea liniei etc.

Bibliografie

(1) *Postler L.*: Ochrany Vedeny, CSR, 1949.

(2) *Fedosecv A. M.*: Releineia zaşcita elect riceskih sistem, Gosenergoizdat, 1952.

(3) *Atabekov G. I.* şi *Fedoseev A. M.*: Sovrememaia releinaia zaşcita (partea I), Gosenergoizdat, 1948.

(4) *Matthey-Doret A.*: Protéction rapide a une période, Raport nr. 312 (Elveţia), CIGRE, 1950.

(5) *Harder E. L.* şi *Marter T. E.*: Protéction par relais des lignes a haute tension aux États Unis, Raport nr. 336 (Statele Unite) CIGRE, 1950.

★

СООБРАЖЕНИЯ О СИСТЕМАХ ЗАЩИТЫ НЕСУЩИМИ ТОКАМИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

Резюме

В статье рассматривается вопрос защиты, которая для сетей сверьхвысокого напряжения и большой пропускной мощности усложняется из за пертурбации в циркуляции мощностей при длительных к. з. и динамической устойчивости. Рассматривается система дистанционной защиты с быстро продленной ступенью. Указывается на необходимость дистанционной защиты и изучаются системы высокочастотной телезащиты. Сравниваются системы с блокировкой с дистанционной передачей фазы.

ROLUL ŞI AVANTAJELE FUZIBILELOR CU INTIRZIERE

Dr. ing. A. AVRAMESCU şi ing. T. CĂNESCU

Plecînd de la faptul că siguranţele greu fizibile pot prelua protecţia contra scurtcircuitelor şi protecţia termică la suprasarcini, autorii examinează funcţionarea siguranţelor în condiţiile de exploatare a motoarelor, dau caracteristicile siguranţelor cu întîrziere şi soluţiile tehnice. Se arată în articol avantajele fuzibiletor cu întîrzicere; curentul limită termic mai apropiat de curentul normal, exploatarea reţelei existente la majorarea puterii consumate, dimensionarea instalaţiilor noi de forţă după curentul de regim, protecţia unor transformatoare contra supresarcinilor ect.

Siguranţele fuzibile reprezintă încă puncte slabe ale instalaţiilor electrice, dacă nu din alt motiv, apoi pentrucă, la funcţionare, întrerup continuitatea serviciului şi nu o pot restabili în mod automat [1]. Prin dispunerea selectivă a siguranţelor se încearcă a se limita întreruperea numai la porţiunea defectă din reţea [2], dar siguranţele funcţionează la curenţi mari în mod general cu o largă acoperire, deci se ard adesea cu mult înainte ca aparatele sau conductele protejate să sufere.

Aceasta provine dintr-o nepotrivire intrinsecă între caracteristicile de protecţie ale siguranţelor fuzibile cu fire din argint şi caracteristicile de încălzire limită a conductelor, maşinilor şi aparatelor protejate. In ultimul timp s-a încercat a se remedia acest neajuns, prin introducerea de elemente termice reglabile care reproduc, cu oarecare aproximaţie, caracteristica de încălzire limită a obiectelor de protejat [3].In materie de siguranţe o evoluţie similară este de aşteptat şi realmente se află în plină desfăşurare. Cu siguranţe normale protecţia se face printr-un compromis, de obicei în zona suprasarcinilor mici. Se ştie că siguranţele fuzibile normale (zise şi rapide) oferă o protecţie numai la scurtcircuite şi la suprasarcini mari, pe cînd la suprasarcini mici şi de lungă durată ele funcţionează tardiv şi periclitează conductele protejate. Un alt neajuns este că motoarele asincrone în scurtcircuit făcînd un apel de 5-6 ori curentul nominal în timpul pornirii pot să topească siguranţele dimensionate în funcţie de curentul nominal, întrerupînd astfel exploatarea. In cazul schimbării siguranţelor cu altele de curent nominal mai mare, este obligatorie şi majorarea secţiunii conductelor, conform normelor. Aceste conducte sînt astfel slab utilizate, ceea ce înseamnă o proastă gospodărire a metalelor neferoase.

Dacă siguranţele s-ar putea construi astfel ca la suprasarcini mici curentul de topire să fie cît mai apropiat de curentul nominal, ele ar proteja conductele la suprasarcini reduse. La curenţi mari de scurtă durată(la pornirea motoarelor) fuzibilele ar trebui să prezinte o inerţie, deci să se topească mai greu. In caz de scurtcircuit, adică la suprasarcini mari, aceste siguranţe ar putea să se topească ceva mai tîrziu decît cele rapide, deoarece la timpuri de ordinul milisecundelor, diferenţa ar fi neglijabilă. Cu astfel de siguranţe s-ar putea realiza o mare economie de cupru în conductele de alimentare a motoarelor, care s-ar putea dimensiona după curentul nominal.

In afară de aceasta siguranţele cu întîrziere putînd să preia protecţia contra scurtcircuitelor, ca şi protecţia termică la suprasarcini, ar permite înlocuirea întreruptorilor automaţi cu declanşare termică şi electromagnetică, dimensionaţi în funcţie de puterea de rupere la scurtcircuit, cu simple separatoare de sarcină, ceea ce ar însemna o altă economie importantă în costul instalaţiilor.

Avînd în vedere aceste avantaje studiul şi construcţia siguranţelor cu întîrziere prezintă un deosebit interes. In cele ce urmează se discută condiţii impuse de exploatare şi datele caracteristice de construcţie şi funcţionare a siguranţelor cu întîrziere, comparîndu-le în toate cu siguranţele normale.

1. — Funcţionarea siguranţelor rapide

1.1. **Evoluţia** siguranţelor marchează progrese mari. Siguranţele fuzibile deschise cu fire din plunb care s-au construit pînă la începutul secolului, comportau la funcţionare un pericol de incendiu. Prin construcţii adecuate s-a trecut la închiderea parţială apoi completă a fuzibilului spre a limita efectele arcului electric care se năştea în cazuri de scurtcircuite. Soluţia tehnică, care s-a adoptat pe o scară largă, prevede fuzibile din argint pur înglobate într-un mediu de stingere grăunţos (nisip de cuarţ, marmoră, bor etc.) şi incluse în patroane dintr-un material refractar [3]. Prin perfecţionări succesive s-a ajuns la forme constructive care rezistau la efectele celor mai mari curenţi de scurtcircuit ce pot apare în reţele de distribuţie alimentate de supercentrale (cca. 30 kA).

1.2. **Firul fuzibil din argint** închis într-un patron refractar umplut cu un material de stingere are următoarele avantaje :

— secţiunea fuzibilului este mult mai redusă decît la plumb sau alte materiale şi aliaje care s-au încercat, deci la funcţionare se produce o cantitate mai mică de vapori metalici ;

— vaporii metalici au o conductibilitate mai redusă decît cele ale altor metale ;

— variaţia rezistenţei argintului la topire este deosebit de mare şi anume aproape 1 :2, din care cauză temperatura fuzibilului la 90% din curentul limită este de numai 50% din temperatura de fuziune, ceea ce permite delimitarea perfectă a curentului limită de topire [5].

Faţă de aceste avantaje argintul ca fuzibil prezintă şi unele dezavantaje, care au devenit evidente mai ales după ce puterea motoarelor asincrone pornite direct de la reţea a crescut. S-a

observat anume că siguranţele obişnuite mai ales în cazul introducerii lor în cutii închise (de ex. în mine,etc.) nu permiteau supraîncărcări cu totul nepericuloase ale conductelor pe care le protejau.

După STAS 453—49 fuzibilul nu trebuie să se topească la aplicarea curentului de „rezistenţă la fuziune" şi trebuie să se topească la curentul „de fuziune" într-un interval de 1 oră pentru

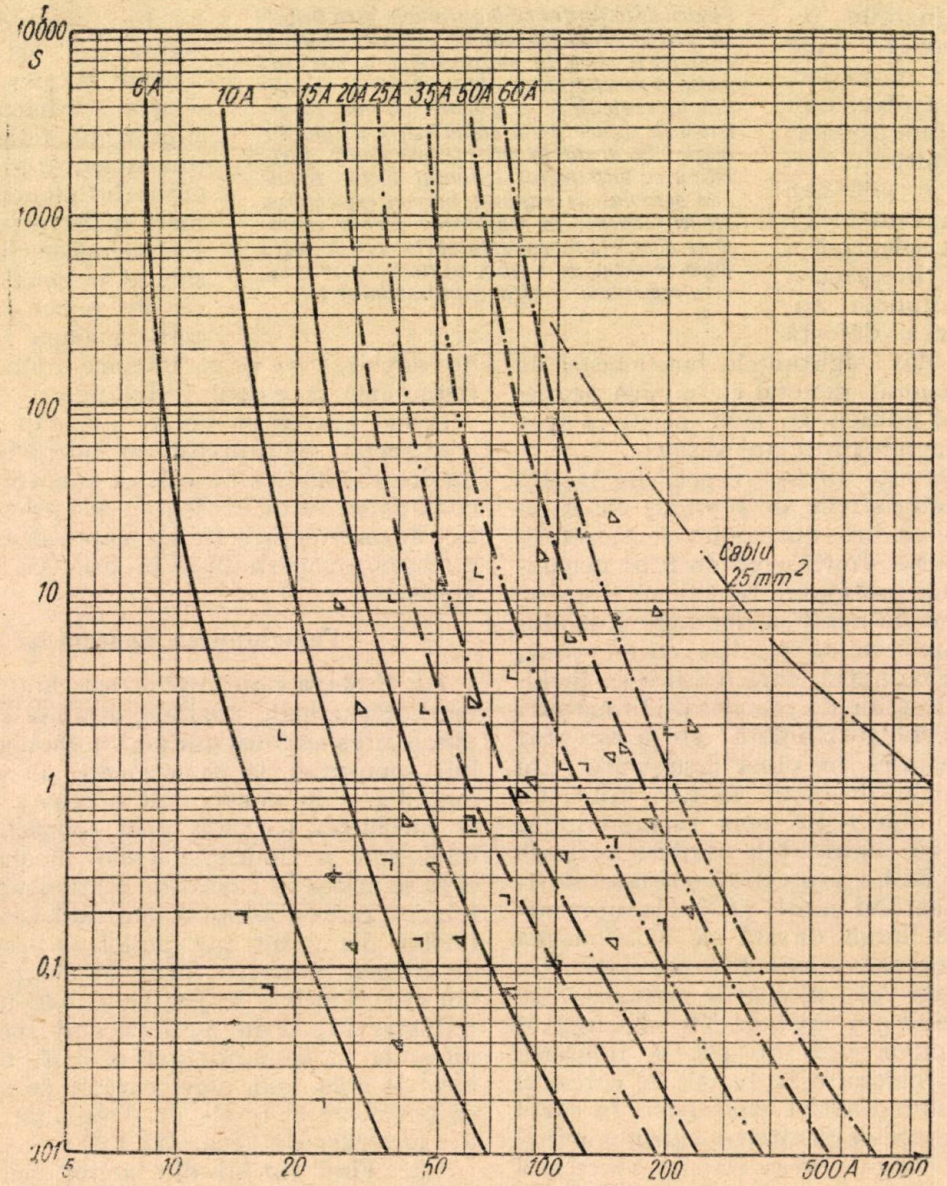


Fig. 1. Caracteristici medii ale fuzibilelor normale.

Există deci o discrepanţă prea mare între caracteristica de protecţie a conductelor şi caracteristica de funcţionare a siguranţelor fuzibile.

1.3.—**Caracteristica de topire a siguranţelor** fuzibile din fire de argint este încadrată prin prescripţii care prevăd anumite limite între care ea trebuie să se afle.

Standardele care privesc siguranţele normale şi cu întîrziere sînt:

— Stas 452—453—49. Siguranţe unipolare cu filet.

— STAS 4173—53. Siguranţe cu mîner, condiţii tehnice.

Definiţiile şi terminologia utilizată în prezenta lucrare sînt cele din standardele de mai sus.

fuzibile pînă la 60 A şi de 2 ore pentru fuzibile peste 60 A.

Alte prescripţii (VDE), mai detaliate, prevăd în plus limite de încadrare pentru multiplii de 2,5 I_n, 3 I_n şi 4 I_n (I_n: curentul nominal). Astfel caracteristica de funcţionare a fuzibilelor normale de diferiţi curenţi nominali se poate deduce cu o mare aproximaţie. Fig. 1 reprezintă astfel de caracteristici pentru fuzibile normale avînd curenţi nominali standardizaţi între 6 şi 60 A. In aceeaşi diagramă s-a introdus şi caracteristica termică a unui cablu subteran cu conductori de 25 mm spre a arăta că inclinaţia acestei caracteristici este mult mai mică, deci că este greu de a proteja bine un cablu cu fuzibile nor-

male. Se acoperă de obicei caracteristica în zona timpurilor mari.

In acest caz însă conductele suportă sarcini de scurtă durată mult mai mari decît siguranţele, care se topesc între altele la pornirea motoarelor asincrone a căror curenţi de pornire se pot suporta fără niciun risc de către conducte.

Deci pe de o parte coordonarea secţiunilor de conductori cu intensităţile nominale ale fuzibilelor s-a fixat prin prescripţii, pe de altă parte se cere pornirea directă a unor motoare în scurtcircuit din ce în ce mai puternice. Antagonismul nu se putea evita decît prin modificarea caracteristicii siguranţelor, fixată prin norme.

De exemplu dacă un motor în scurtcircuit de 10 kW trebuie pornit direct, siguranţa de 15 A care era suficientă şi indicată pentru curentul nominal de 15,2 A la 3 × 380 V se ardea la fiecare pornire. Abia un patron cu fuzibil de 35 A nu se ardea la pornirea directă a motorului. Dar atunci, conform normelor, secţiunea conductei de alimentare trebuia mărită de la 3 × 1,5 mm² la cel puţin 3 × 10 mm², rezultînd o risipă de cupru. Acestă problemă merită a fi examinată în deaproape.

2.— Condiţii impuse de exploatarea motoarelor

2.1. **Regimul staţionar** al motoarelor electrice are caracteristici şi parametri de care se ţine seama la proiectarea şi dimensionarea siguranţelor. Pentru ca fabricaţia să fie uşurată se reduce numărul sorturilor şi datele nominale care rezultă se stabilesc în norme. In acest sens STAS 881—49 prevede o scară de puteri nominale pentru motoare asincrone trifazate, care pînă la puterea de 30 kW sînt indicate în tabela 1.

Tabela 1

Curenţi nominali pentru motoare de 3 × 380 V

P [kW]	1	1,7	2,8	4,5	7,7	10	14	20	28
I_n [A]	1,52	2,58	4,25	6,82	10,6	15,2	21,2	30	42,5

Faţă de acestea intensităţile nominale ale siguranţelor fuzibile au după STAS 452—49 treptele din tabela 2.

Tabela 2

Curenţi nominali ai siguranţelor cu filet

I_n [A]	Elemente	Patroane
	25	
	60	6, 10, 15, 20, 25, 35, 45, 60

Din comparaţia valorilor ce rezultă din cele două tabele se vede că în unele cazuri motorul este periclitat, deoarece siguranţa permite trecerea unui curent staţionar prea mare faţă de curentul nominal al motorului. Astfel siguranţa cu cea mai mică intensitate nominală 6 A netopindu-se la 1,4 I_n, motoarele cu puteri pînă la 2,8 kW inclusiv sînt protejate cu posibilitatea ca un curent de 8,4 A deci un multiplu de 5,5 respectiv 2 ori curentul nominal al motorului de 1 respectiv 2,8 kW să treacă prin siguranţă fără a o topi. Nici dacă s-ar utiliza siguranţe automate de 6 A cu declanşare termică motoarele mici nu ar fi protejate corespunzător, multiplii de mai sus scăzînd numai la 4,6 respectiv 1,7. Protecţia termică a motoarelor mici este deci o problemă dificilă şi care rămîne deschisă.

Ca în orice instalaţie electrică de curenţi tari, principalul rol al siguranţelor este protecţia în caz de suprasarcină şi prin aceasta înlăturarea posibilităţii de supraîncălzire a conductelor. Pentru aceasta între curentul maxim admis în circuitul protejat şi curentul nominal al siguranţei trebuie să existe o corespondenţă. Corespondenţa între curenţii nominali ai motoarelor şi ai siguranţelor normale se poate vedea în tabela 3 în care s-au trecut şi curenţii limită cît şi coeficientul de fuziune.

Tabela 3

Asigurarea motoarelor de 3 ~ 380 V cu siguranţe normale

Motor	P(kW)	4,5	7	10	14	20	28
	I_n (A)	6,82	10,6	15,2	21,2	30	42,5
Siguranţe	I_n (A)	6	10	15	20	35	45
	I_f (A)	10,8	18	27	36	56	72
	I_f/I_{nm}	1,6	1,7	18	1,7	1,85	1,7

Conform STAS 452—49 siguranţele normale pînă la $I_n = 25$ A trebuie să se topească într-o oră la curent de 1,8 I_n şi cele cu $I_n = 35—60$ A la un curent de 1,6 I_n, curenţii de topire fiind cei introduşi în penultimul rînd al tabelei 3. Rezultă că motoarele pot fi supuse timp de cel mult 1 oră la suprasarcinile care rezultă din ultimul rînd al acestei tabele, şi deci că motoarele care lucrează cu o suprasarcină prelungită se pot defecta, dacă ar fi protejate numai cu siguranţe normale. De aceea se acceptă compromisul ca motoarele în scurtcircuit pornite direct de la reţea să fie protejate cu siguranţe normale avînd un curent nominal de 2,5 ori mai mare decît curentul nominal al motorului. Chiar şi la pornire în stea-triunghi, siguranţele se dimensionează după 1,3 $I_{n\,motor}$.

Pentru a evita renunţarea implicită la protecţia contra suprasarcinilor s-au imaginat comutatoare care la anclanşare scurtcircuitează siguranţele dimensionate după curentul nominal al motorului, ca după pornire să le introducă din nou în circuit. Soluţia tehnică justă este releul termic sau o siguranţă cu o caracteristică de topire avînd o pantă mai puţin pronunţată decît cele normale. Releul termic sau siguranţa cu o caracteristică similară ar trebui să aibă un curent limită de topire care să nu depăşească curentul nominal cu mai mult de 20—30%, spre a putea feri motorul de o suprasarcină şi de o îmbătrînire prematură a izolaţiei.

2.2.— **Comportarea motoarelor asincrone la pornire.** Motoarele asinerone care reprezintă majoritatea motoarelor din exploatare, reprezintă

o categorie a receptoarelor de energie electrică ce trebuie să se protejeze cu astfel de siguranţe.

STAS 1764—50 prevede pentru curentul de pornire a motoarelor asincrone cu rotorul în scurtcircuit un multiplu de 6,5 în raport cu curentul nominal la motoare cu 750 şi 1 000 rot/min şi un multiplu de 7,2 în cazul motoarelor cu 1 500 şi 3 000 rot/min.

Timpul de pornire, respectiv timpul cît motorul solicită în mod deosebit siguranţa,este relativ mic, de ordinul a 1÷6 secunde, depinzînd în foarte mare măsură de mărimea cuplului rezistent şi de inerţia maselor antrenate de către motor.

Valoarea curentului de pornire este diferită chiar în cazul unor motoare de construcţii şi putere asemănătoare.

2.3. — **Limitele impuse siguranţelor** sînt în strînsă legătură cu variaţia curentului în cazul pornirii motoarelor. Se ştie că în momentul iniţial cînd motorul este alimentat însă rotorul încă nu a început să se învîrtească avem cazul unui transformatoar în scurtcircuit alimentat la tensiunea nominală. Timpul cît durează această situaţie este foarte redus, deoarece cuplul rezistent este uşor învins, îndeosebi în cazul cînd motorul porneşte în gol, motorul porneşte şi curentul scade. Deci are loc o scădere aproape continuă a curentului din momentul conectării şi pînă în momentul cînd rotorul ajunge la turaţia nominală. Există două puncte critice pe care siguranţa trebuie să le acopere şi anume punctul iniţial cînd curentul are valoarea cea mai mare şi punctul apropiat de funcţionarea normală dar unde curentul are încă o valoare apreciabilă. Siguranţa cu întîrziere trebuie să acopere aceste puncte critice, în deosebi momentul iniţial deoarece panta caracteristicei este mai dulce decît în cazul siguranţelor normale. Dimensionarea siguranţei cu întîrziere trebuie făcută în aşa fel încît să acopere şi cel de al doilea punct critic, adică acela care desparte curentul de pornire de curentul nominal al motorului.

STAS 452—49 impune a treia condiţie şi anume „rezistenţa la fuziune" şi „timpul de fuziune". La încercarea de fuziune, firul fuzibil trebuie să se topească sub curentul de încercare prescris înainte de timpul specificat.

3.— Condiţii termice

Caracteristicile termice ale maşinilor, transformatoarelor şi cablurilor normale interesează în primul rînd din punctul de vedere al protecţiei cu siguranţe. Ele se apreciază cantitativ cu ajutorul *constantei de timp termice*, care este timpul în care o unitate constructivă atinge temperatura sa de regim, fără nici o cedare de căldură. Constanta de timp se deduce din curba de încălzire înregistrată la probe, ca subtangenta la această curbă, constantă în orice punct al ei (curba de încălzire fiind o exponenţială).

Valorile constantelor de timp pentru maşini, transformatori şi cabluri de construcţie normală s-au trecut în tabela 4.

Constanta de timp a conductelor neizolate şi izolate se poate calcula uşor [4] din formula

$$T = \frac{\gamma c}{\alpha} \frac{S}{P}.$$

unde :

γ este greutatea specifică în g/cm³ ;
c — căldura specifică în W/g°C ;
α — coeficientul de cedare a căldurii în W/cm² °C ;
S — secţiunea conductorului cm² ;
P — perimetrul conductorului în cm ;

Pentru fire rotunde $S/P = d/4$.

Coeficientul de cedare a căldurii se poate extrage din diagrama fig. 2.

Tabela 4

Constanta de timp pentru maşini şi cabluri

Motoare trifazate

Tip	Nr. de poli	Putere kW	Const. timp min
Deschis, protejat împotriva picăturilor	2—12	toate puterile	15
Complet capsulat	2	pînă la 170	30
	4	pînă la 400	30
	6	pînă la 40	30
		40—300	45
	8—12	pînă la 15	30
		15—250	45

Generatoare

Tip	Const. de timp min
Hidro	14—45
Turbo	15—30

Transformatoare în ulei

Tip	Const. de timp min
Cu răcire naturală	45
Cu răcire forţată	45

Cablu sub plumb asfaltat montat în canale

Secţiune mm²	Constanta de timp, minute		
	Tensiunea de serviciu		
	pînă la 1 kV	6 kV	10—30 kV
3 × 16	15	30	
3 × 25			
3 × 35			
3 × 50			
3 × 70			
3 × 95	30	45	45
3 × 120			
3 × 150	45		
3 × 185			

4.— Date caracteristice ale siguranţelor cu întîrziere

Se cere deci o siguranţă, care să se adapteze mai bine la caracteristica termică a conductelor

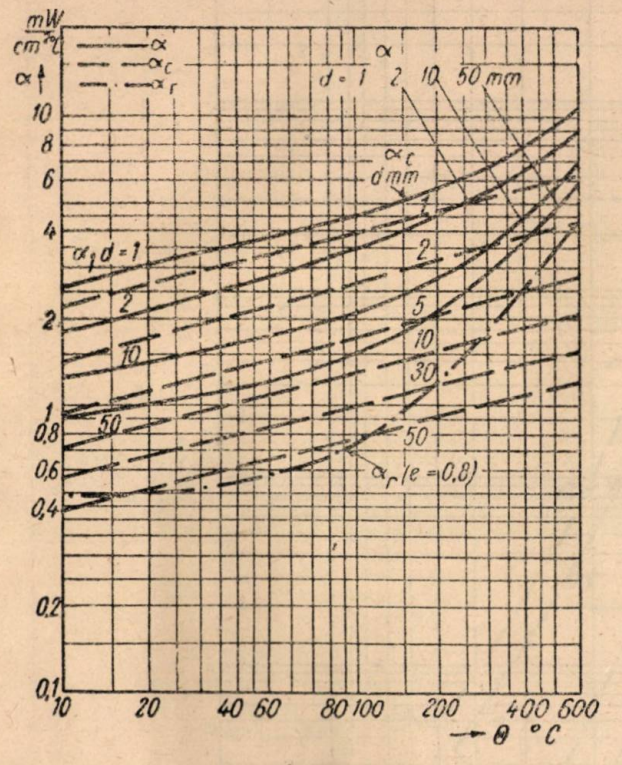


Fig. 2. Coeficientul de cedare a căldurii la fire prin convecţie şi radiaţie

şi a maşinilor electrice, permiţînd în acelaşi timp pornirea unor motoare în scurtcircuit direct de la reţea.

4.1. **Caracteristica siguranţelor cu întîrziere** diferă de cele ale siguranţelor normale numai în ceea ce priveşte timpul de topire în zona de curenţi de 2-4 ori mai mari decît cei nominali. La curenţi nominali egali, curenţii limită de topire trebuie să fie egali.

Definiţia curentului limită şi metodele de încercare se pot vedea de ex. în STAS 4173-53 Siguranţe cu mîneri. Condiţii generale.

Caracteristica siguranţelor cu întîrziere se manifestă prin timpul de topire şi de rupere mai mari la valorile de 2,5 ; 3 şi 4 I_n, decît la siguranţele normale. Deplasînd corespunzător limitele normalizate înspre timpuri mai mari rezultă caracteristicile siguranţelor cu inerţie reprezentate în fig. 3 care se pot compara cu cele ale siguranţelor normale din fig. 1.

După normele VDE 0635/11.40 timpurile de ardere ale siguranţelor rapide şi inerte se raportă ca

1 : 13 la 2,5 I_n ex. ca 6 s : 78 s
1 : 10 la 3 I_n ex. ca 2,5 s : 20 s
1 : 7 la 4 I_n ex. ca 0,5 s : 3,5 s.

Efectul de întîrziere nu este deci constant ci depinde de curentul de topire. La nivelul curenţilor de scurtcircuit raportul de întîrziere se apropie de unitate. De ex. la 20 I_n s-a constatat un raport 1 : 2,7. Raportul secţiunii eficace a firelor fuzibile este în general de 1 : 1,5 deci la scurtcircuite mari se poate atinge chiar acest raport.

Această comportare a siguranţelor cu întîrziere este foarte favorabilă, deoarece timpul de rupere şi de lămurire a unor scurtcircuite nu se prelungeşte şi deci instalaţiile practic nu sînt mai periclitate decît dacă ar fi protejate cu siguranţe normale, adică rapide. Aceasta cu atît mai mult cu cît timpul de ardere la scurtcircuit este foarte scurt, de ordinul milisecundelor, de ex. la 20 I_n timpul este de 14 ms.

Raportul de întîrziere însă nu este egal pentru toţi curenţii nominali, din cauză că inerţia naturală a firelor fuzibile creşte mai repede decît curentul nominal. De aceea, pe cînd la 2,5 I_n raportul timpurilor de topire a siguranţelor normale (rapide) de 6 şi 60 A_n este de 1 : 3,5, el devine 1 : 1,3 la siguranţe inerte de aceiaşi curenţi nominali. Aceasta depinde în primul rînd de raportul efectiv al secţiunilor fuzibile care este de 1 : 2,24 la 6 A şi de 1 : 1,7 la 60 A, cît şi de alte particularităţi constructive.

Efectul termic al curentului se întrebuinţează în siguranţe normale în majoritate pentru topirea fuzibilelor din argint la 960°C, pe cînd la obişnuitele construcţii de siguranţe cu inerţie întîi apare o creştere a rezistenţei electrice şi după aceea o topire a fuzibilului la temperaturi între 400 şi 500°C. Prin aceasta patroanele cu întîrziere se încălzesc mult mai puţin ca cele normale.

4.2. — **Puterea de rupere a siguranţelor** cu întîrziere trebuie să fie egală cu cea a siguranţelor normale. Ea se încearcă într-un circuit reprezentant în schemă (Fig. 4 a) alimentat de o baterie de acumulatori de 550 V şi cel puţin 1000 Ah.

Capacitatea de rupere a siguranţelor cu întîrziere este influenţată de inerţia termică a fuzibilului, deci de mase mai mari de metal topit de către arc. Prin măsuri speciale constructive s-a reuşit a se obţine siguranţe cu o capacitate de rupere de 10 kA în loc de 5 kA cît se cerea pentru siguranţe normale.

Puterea de rupere s-ar cifra la o tensiune reglementară de 550 V (baterie de acumulatori de 1 000 Ah) :

- pentru siguranţe rapide de la 6 la 25 A, $P_r = 0{,}550 . 1{,}000 = 0{,}55$ MVA
- pentru siguranţe rapide de la 35 la 200 A $P_r = 0{,}550 . 5{,}000 = 2{,}75$ MVA
- pentru siguranţe cu întîrziere $P_r = 0{,}550 . 10{,}000 = 5{,}5$ MVA.

Prin această putere de rupere mărită se acoperă toate necesităţile ce apar în reţele.

4.3 **Selectivitatea** siguranţelor cu întîrziere trebuie asigurată prin măsurători precise pînă la nivelul milisecundelor. Anumite prescripţii (VDE 0635) prevăd o încercare specială a siguranţelor cu inerţie şi întîrziere. In circuitul de încercare se introduce cîte un fir fuzibil calibrat care trebuie sau să nu se ardă înainte de a se arde siguranţa

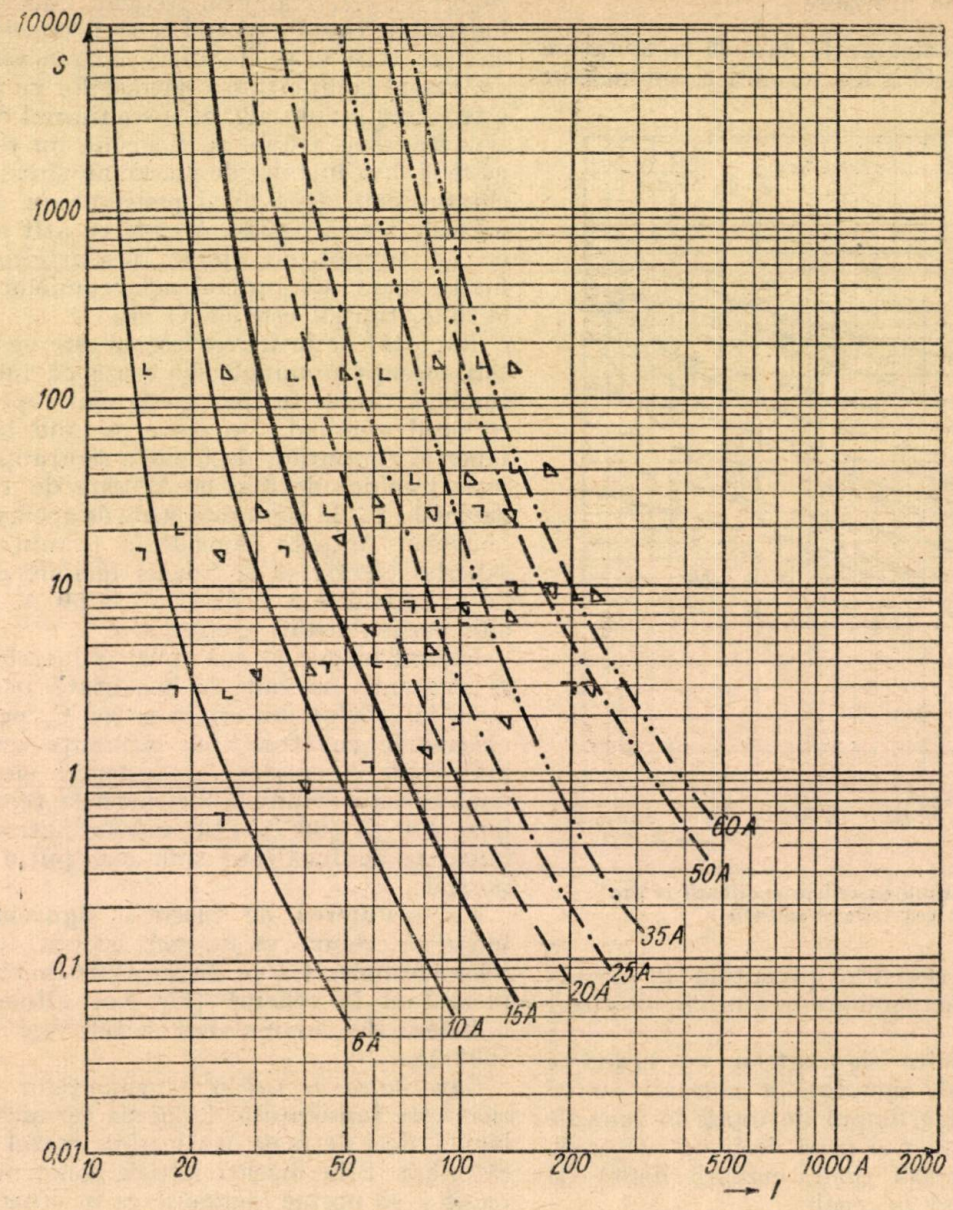


Fig. 3. Caracteristici medii ale fuzibilelor cu inerţie.

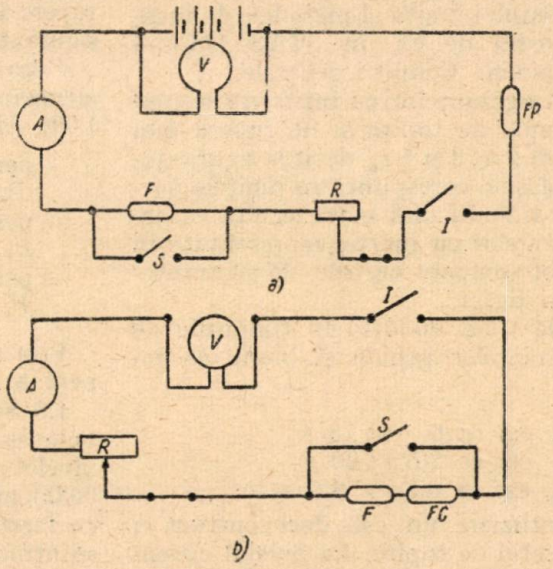


Fig. 4. Schema pentru încercarea siguranţelor fuzibile.
a—la putere de rupere; b—la selectivitate

cu întîrziere. Curentul de încercare este de 1 kA. Secţiunile firului calibrat s-au eşalonat astfel încît cel mai subţire de 20 A să se întrebuinţeze concomitent ca cel mai gros de 15 A, iar cel mai gros de 20A ca cel mai subţire de 25 A ş.a.m.d.

Schema circuitului de încercare la selectivitate a siguranţelor cu întîrziere este redată în schema din fig. 4,b.

Raportul pierderilor în siguranţe rapide şi cu întîrziere este aproximativ 1,78 : 1. In consecinţă

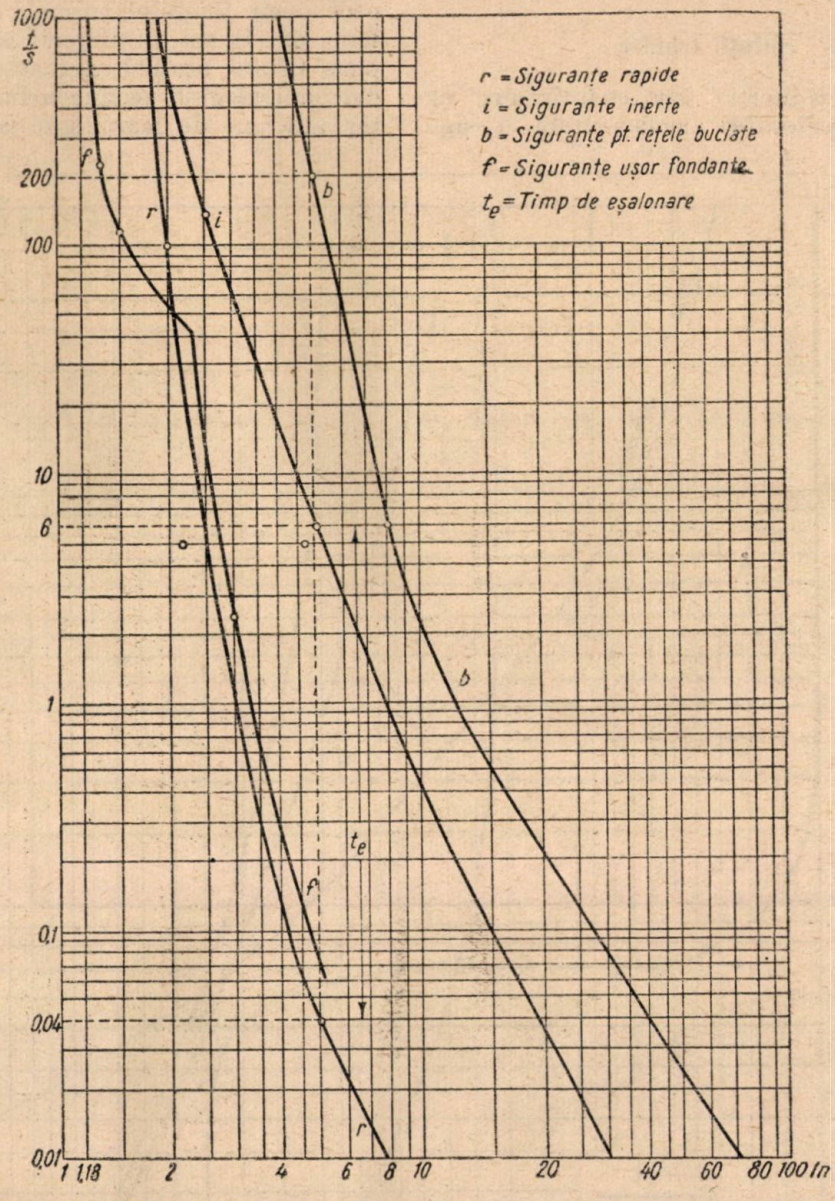


Fig. 5. Caracteristici de ardere a siguranţelor de 200 A.

Dimensiunile firelor calibrate sînt de 85 mm lungime iar diametrele conform tabelei 5.

Tabela 5

Diametrele firelor calibrate

Nr.	I_n A	d_1 (min) mm	d_2 (max) mm
1	6	0,18	0,27
2	10	0,27	0,34
3	15	0,34	0,44
4	20	0,44	0,52
5	25	0,52	0,62
6	35	0,62	0,80
7	50	0,80	0,95
8	60	0,95	1,2

siguranţele cu întîrziere se încălzesc mai puţin şi ar permite majorarea sarcinii de regim a conductelor.

Siguranţele cu întîrziere au aceleaşi avantaje ca şi cele rapide pentru instalaţii de lumină.

4.4. **Standarde** fixează caracteristicile diferitelor siguranţe. Siguranţele cu întîrziere s-au creat şi intră în fabricaţie în fiecare ţară înainte de a se fixa caracteristicile şi condiţiile tehnice respective prin standarde. Procedeul obişnuit este a păstra pentru siguranţele cu întîrziere toate dispoziţiile cu caracter normativ, care sînt valabile pentru siguranţe normale, exceptînd bineînţeles pe acelea care se referă tocmai la felul nou de funcţionare a siguranţelor cu întîrziere.

Se observă că în STAS 4173—53 s-au definit două clase de siguranţe înafară de cele normale, rapide anume cele „cu inerţie" şi cele „cu întîrziere", avînd un grad mai mic şi mai mare de întîrziere faţă de cele normale.

5. Soluţii tehnice

Denumirea „cu inerţie" sau „cu întîrziere" exprimă just proprietatea fundamentală a siguranţelor respective de a se topi, la un curent dat, mai tîrziu decît siguranţele normale.

Mijlocul cel mai simplu pentru a atinge acest scop este de a alege o secţiune mai mare pentru firul fuzibil. Prin aceasta, se măreşte şi curentul de limită termic, eventual creşte valoarea de curent admisă de conducte sau maşina protejată. Spre a se scade curentul limită termic, deci curentul la care siguranţa se topeşte după un timp infinit de lung, se pot utiliza diferite efecte şi fenomene. Dintre aceste cele mai uzuale sînt :

Introducerea unui fuzibil suplimentar cu un punct de fuziune scăzut astfel dimensionat ca la o suprasarcină de durată să se topească mai repede decît fuzibilul normal, cu care se află în serie, dar la un scurtcircuit să permită întîi topirea firului normal. Această condiţie se poate îndeplini alegînd secţiunea fuzibilului suplimentar suficient de mare, spre a-i da o capacitate termică mare. Caracteristica de topire care rezultă are două porţiuni distincte (f în fig. 5), după cum lucrează unul sau al doilea fuzibil. O astfel de siguranţă de construcţie originală s-a propus de către tov. ing. R. Wolf de la Sibiu.

Spiralizarea sau ondularea firului fuzibil supradimensionat, faţă de cel normal, poate să împiedice cedarea de căldură la sarcini prelungite şi să grăbească topirea în zona suprasarcinilor, pe cînd la scurtcircuit, arderea depinde numai de

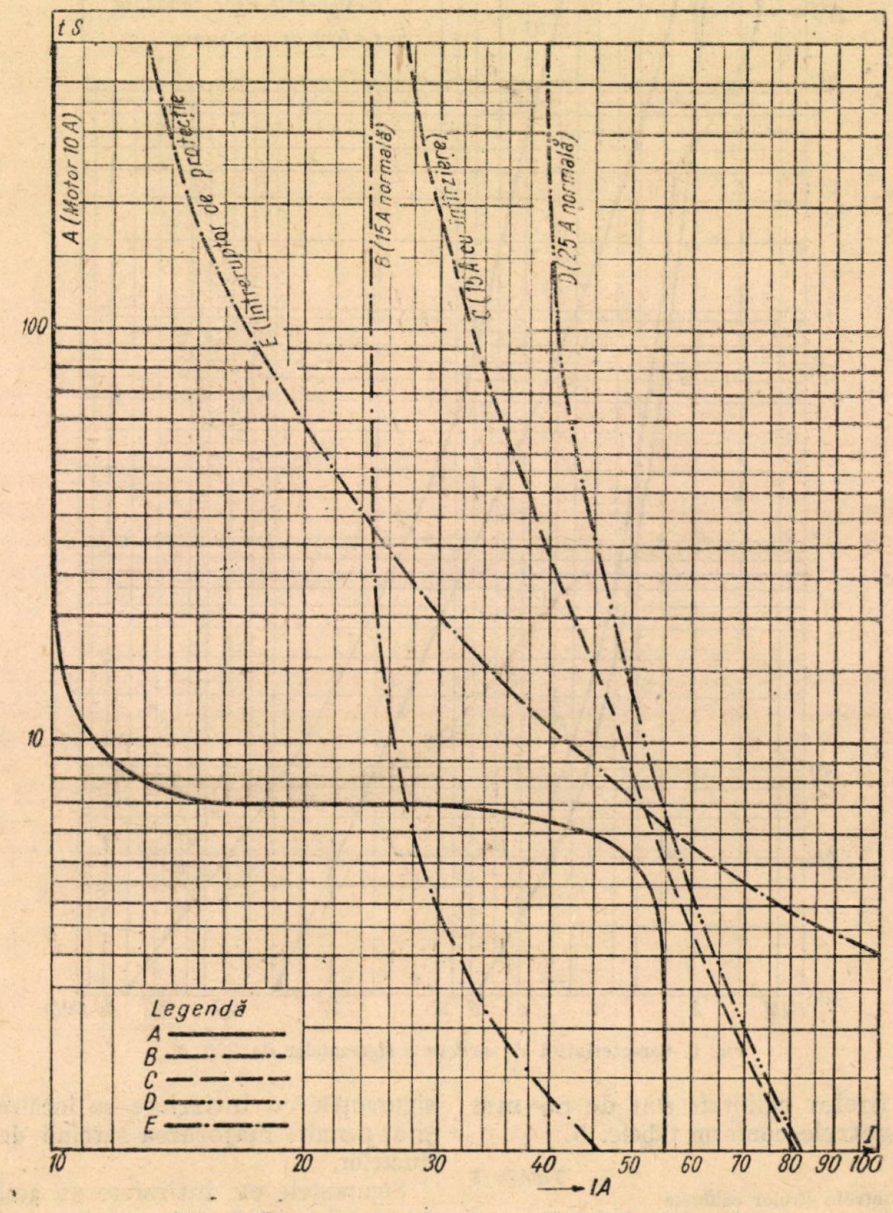


Fig. 6. Pornirea motoarelor şi caracteristicile siguranţelor.

secţiune şi material. Rezultă o caracteristică termică avînd o inerţie termică (*i* în fig. 5)

Combinaţii de fuzibile cu puncte de fuziune diferite pot să ducă la caracteristici care îndeplinesc condiţii speciale ce se impun. Un exemplu îl formează fuzibilele din reţele buclate (*b* în fig. 5)

6. Avantaje în exploatare

6.1. **Comportarea siguranţelor cu întîrziere** este la fel ca şi a siguranţelor normale mai puternice cu diferenţa că reacţionează mai lent la o suprasarcină mai mare decît siguranţele normale de aceiaşi mărime, adică reacţionează cu întîrziere, de unde şi denumirea lor de siguranţe cu întîrziere.

La suprasarcinile mai mici de o durată mai mare, ele se comportă ca siguranţele normale, adică protejează instalaţia făcînd însă posibilă utilizarea mai completă a acesteia. Avantajul principal al siguranţelor cu întîrziere, apare îndeosebi în acele circuite în care au loc în mod curent supraintensităţi de scurtă durată.

6.2. **Comportarea principală** a siguranţelor cu întîrziere, *în cazul pornirii motoarelor* este reprezentată în fig. 6. Curba *A* reprezintă mărimea curentului la pornire şi la funcţionarea motorului la un curent nominal de 10 A. Curba *B* reprezintă caracteristica de fuziune a siguranţei normale de 15 A, curba *C* reprezintă caracteristica siguranţei cu întîriere de 15 A, curba *D* caracteristica de fuziune a siguranţei normale de 25 A, iar curba *E* caracteristica de întrerupere a întreruptorului de protecţie . Rezultă deci că pentru protecţia circuitului electric al motorului, se poate folosi fie siguranţa normală de 25 A, fie cea de 15 A cu întîrziere. Cea mai bună proiecţie o oferă bineînţeles, intrerupătorul automat cu releu termic fiind însă o soluţie neeconomică.

6.3. **Inafară de pornirea motoarelor asincrone**, siguranţele prezintă avantaje şi în alte situaţii. Astfel în cazul unei suprasarcini tehnologice, motorul poate trece peste momentul maxim şi dacă suprasarcina nu este înlăturată motorul se opreşte şi cere din reţea întreg curentul de pornire. Astfel de suprasarcini şi deci timpul cît motorul cere un curent de ordinul curentului de pornire, în cazul că durează puţin, nu dăunează motorului şi sînt suportate şi de siguranţa cu întîrziere. Deasemenea acest tip de siguranţe oferă posibilitatea unei protecţii mai eficace decît siguranţele normale şi în cazul defectării izolaţiei, deoarece prin caracterul lor de întîrziere permit alegerea lor pentru o valoare nominală mai mică.

6.4. **In concluzie** rezultă următoarele avantaje :

— Utilizarea conductelor electrice în cazul protecţiei lor cu siguranţe fuzibile normale (rapide) este limitată de încălzirea siguranţelor.

Raportul pierderilor în siguranţe rapide şi cu întîrziere fiind aproximativ 1,78 : 1, siguranţele cu întîrziere se încălzesc mai puţin şi ar permite majorarea sarcinii de regim a conductelor.

— Siguranţele cu întîrziere au un curent limită termic mai apropiat de curentul nominal decît cele normale, ceea ce permite o utilizare mai bună a conductelor.

— Reţele existente se pot exploata la extinderi sau majorări ale puterii consumate, pînă la limita intensităţii nominale a siguranţelor, dacă patroanele normale se înlocuiesc cu altele cu întîrziere.

— Instalaţii noi de forţă motrică nu mai trebuie să fie dimensionate după curentul de pornire a motoarelor, ci după curentul de regim, rezultînd economii importante de material conductor.

— Siguranţele cu întîrziere au aceleaşi avantaje ca şi cele rapide pentru instalaţii de lumină.

— In posturi de transformare cu puteri reduse, siguranţele cu întîrziere, dimensionate după curentul maxim secundar, pot prelua protecţia transformatorului contra suprasarcinilor, pe cînd cele de înaltă tensiune dimensionate cu o oarecare rezervă preiau numai protecţia de scurtcircuit în cazul unor defecte în circuitul de înaltă tensiune.

Ca urmare a avantajelor de mai sus este de dorit ca siguranţele cu întîrziere să se fabrice cît mai curînd în ţară şi să se introducă în instalaţiile electrice de forţă şi lumină existente şi noui. Introducerea lor îmbunătăţeşte nu numai condiţiile de exploatare ci realizează o importantă economie de material.

Bibliografie

(1) *Builov A. I.* : Principiile construcţiei aparatelor electrice, G.E.I., Moscova—Leningrad, 1947.

[2] *Avramescu A* şi *A. Nichiteanu* : Asupra protecţiei selective a reţelelor buclate, Bul. APDE 19 (1942) I, pag. 40—46.

[3] *Babicov M. A.* : Aparate electrice, (trad.) Editura Energetică de Stat, Bucureşti 1954.

[4] *Avramescu A.* : Contribuţii la calculul încălzirii conductorilor, Bul. IRE 11 (1944), 3—4, pag. 301—412.

[5] *Avramescu A.* : Posibilităţile calculului de dimensionare termică a siguranţelor fuzibile, Electrotehnica 1 (1953) 6, pag. 23—33) (cu 13 referinţe bibliografice).

★

РОЛЬ И ПРЕИМУЩЕСТВО ИНЕРЦИОННЫХ ПЛАВКИХ ВСТАВОК

Резюме

Исходя из того что тугоплавкие предохранители могут использоватся для защиты от к. з. и термической защиты от перегрузок авторы рассматривают работу предохранителей в условиях эксплоатации двигателей, дают характеристики инерционных предохранителей и технические решения.

Указываются преимущества инерционных плавких вставок : предельный термический ток ближе к нормальному току, эксплоатация существующей сети при увеличении потребляемой мощности, расчет новых силовых установок по рабочему току, защита некоторых трансформаторов от перегрузок и т. д.

CONTRIBUŢII LA STUDIUL ŞI PROIECTAREA TURBINELOR FRANCIS PENTRU CĂDERI VARIABILE

Prof. dr. ing. A. BĂRGLĂZAN

Se stabilesc criterii pentru alegerea înălţimii de cădere la proiectarea unui rotor de turbină Francis care trebuie să funcţioneze la căderi variabile în limite bine cunoscute. Rezultatele teoretice sînt confirmate şi verificate cu ajutorul măsurătorilor efectuate asupra unor astfel de rotori în laboratorul de maşini hidraulice al Institutului Politehnic din Timişoara.

Turbinele hidraulice de tipul Francis au domeniul de aplicaţie caracterizat prin valori ale turaţiei specifice cuprinse între $n_s = 100 - 400$ rot/min, respectiv domeniul debitelor şi căderilor mijlocii. Ca oricare maşină producătoare de forţă are şi ea un punct de funcţionare optim din punct de vedere al randamentului, care corespunde unor valori bine precizate ale debitului, căderii, turaţiei şi puterii turbinei. Acest punct este punctul de funcţionare al turbinei pentru parametrii de proiectare daţi. Randamentele realizate sînt destul de mari ($\eta = 0{,}85 - -0{,}90$) şi cu atît mai mari cu cît dimensiunile şi puterea turbinei sînt mai mari, atingînd chiar valoarea de $\eta = 0{,}95$. Adică numai 5% reprezintă pierderile de energie la trecerea apei prin turbină respectiv la transformarea energiei hidraulice în energie mecanică. O altă caracteristică importantă a lor din punct de vedere energetic este stabilitatea mare în funcţionare.

Adeseori aceste turbine sînt puse în situaţia de a funcţiona la căderi variabile în limite destul de largi, anume în cazul cînd la o amenajare hidroenergetică se caută a se utiliza şi căderea corespunzătoare nivelului variabil din lacul de acumulare sau rezervorul de reţinere, ΔH (fig. 1).

Dacă ΔH nu este important faţă de căderea brută H_B atunci conducerea apei de la baraj pînă la bazinul de distribuţie se poate face pe un canal cu faţa liberă neglijîndu-se căderea ΔH. Dacă însă ΔH este important cantitativ faţă de H_B atunci este important să se utilizeze energetic şi ΔH conducîndu-se apa de la baraj la castelul de echilibru prin conducte forţate. In cazul acesta turbina va trebui să funcţioneze la căderi cuprinse între

$$H_B - \sum h_p \text{ şi } H_B - \Delta H - \sum h_p.$$

Dacă ar fi vorba de căderi mici problema căderilor variabile din punct de vedere al turbinelor ar fi rezolvată pentru că turbina corespunzătoare de tipul Kaplan se comportă bine din punct de vedere al randamentului atunci cînd căderea variază. Chiar şi în cazul unei reţineri numai pentru regularizarea debitului se poate capta puterea corespunzătoare debitului care se ia din rezervor şi a înălţimii variabile corespunzătoare diferenţei de cote între suprafaţa apei din rezervor şi locul unde se află priza de apă de la baza barajului.

Din datele barajelor construite variaţia cotei apei din rezervor ΔH este de aşa natură încît deocamdată turbina cea mai potrivită pentru captarea puterii corespunzătoare este turbina de tipul Francis. Deci problema care se pune este de a stabili criterii de calcul şi proiectare pentru o turbină Francis care să transforme energia hidraulică în energie mecanică cu un randament satisfăcător, atît la căderea H cît şi la căderea $H + \Delta H$. Dificultăţile care stau în calea rezolvării favorabile a acestei probleme provin din următoarele consideraţii :

1. Rotorul calculat şi trasat pentru înălţimea minimă de cădere atunci cînd trebuie să funcţioneze la căderea maximă, bineînţeles la aceiaşi

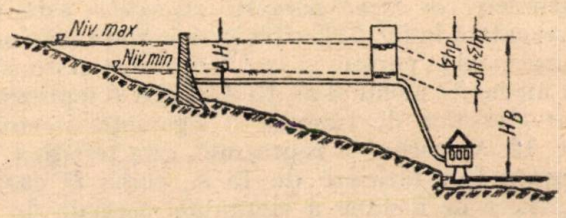


Fig. 1

turaţie, va funcţiona cu un randament scăzut din cauza şocurilor de la intrarea în rotor şi a altor pierderi care îşi vor face apariţia în această împrejurare.

2. Camera în spirală calculată pentru înălţimea minimă de cădere va permite la înălţimi mai mari de cădere trecerea unui debit mai mare, fiindcă raza unei secţiuni ρ la unghiul $\varphi°$ a camerei spirale este dată de expresia cunoscută :

$$\rho = \frac{\varphi°}{c} + \sqrt{2R' \frac{\varphi°}{c}} \text{ unde } C = \frac{720\,\pi}{Q} \frac{\eta g H}{\omega}$$

de unde se observă că debitul variază proporţional cu căderea.

3. Tubul de aspiraţie calculat pentru căderea minimă va trebui să facă faţă la o depresiune şi mai mare în cazul căderii mari, iar pe de altă parte va trebui să fie astfel construit încît să poată recupera o componentă tangenţială importantă ca mărime a vitezei absolute de la ieşirea din rotor.

In cazul cînd turbina în schimb se va calcula pentru înălţimea maximă de cădere vom avea dificultăţile următoare :

1. Rotorul la înălţime minimă, la aceiaşi turaţie, va avea un şoc important la intrare care va scădea mult randamentul turbinei.

2. Camera spirală la înălţimea minimă nu va mai fi în stare să conducă acelaşi debit, spre rotor, deci puterea turbinei va scădea.

3. Tubul de aspiraţie de asemenea nu va mai putea conduce acelaşi debit, este adevărat însă că depresiunea se micşorează în prima secţiune a lui. Componenta tangenţială a vitezei absolute de la ieşire va fi mai mică, dar totuşi va trebui recuperată prin forma specială ce trebuie dată tubului de aspiraţie.

Pentru a stabili modul de comportare al unui rotor de tipul Francis la căderi variabile şi a se putea trage concluzii utile calculului şi proiectării lui, se va considera un rotor de tipul aceluia din fig. 2, calculat şi dimensionat pentru înălţimea

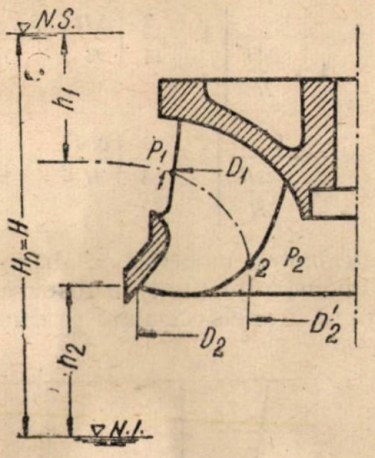


Fig. 2

de cădere H bineînţeles debitul Q şi turaţia n fiind cunoscute. Faţă de această cădere se va considera apoi o creştere respectiv o scădere a căderii cu ΔH. Puterea turbinei creşte sau scade după legile similitudinii cunoscute în ipoteza că η rămîne constant.

$$N^{H \pm \Delta H} = N^H \left(1 \pm \frac{\Delta H}{H}\right)^{3/2}.$$

Pe de altă parte puterea reală a turbinei date, atunci cînd căderea variază cu $\pm \Delta H$ faţă de H nu va fi aceea dată de relaţia similitudinii ci mai mică sau mai mare din cauza pierderilor care-şi fac apariţia în această împrejurare. Raportul dintre puterile calculate prin cele două metode R poate fi utilizat pentru judecarea modului de comportare a turbinei în cele două împrejurări şi mai ales pentru a stabili criteriile de proiectare într-un caz concret.

Se va considera cazul cînd turbina este calculată pentru căderea H şi va trebui să funcţioneze pînă la căderea $H + \Delta H$ respectiv pînă la $H - \Delta H$. Se vor considera valori medii, deci şi traiectoria medie de pe suprafaţa de scurgere caracterizată prin meridianul *1 -2* din fig. 2. Triunghiul vitezelor din punctele *1* şi *2* se pot vedea pe suprafaţa de scurgere aplatizată din fig. 3.

Elementele triunghiurilor vitezelor fără accent sînt aceelea corespunzătoare înălţimii H, de proiectare, iar acelea cu un accent sînt corespunzătore funcţionării turbinei la înălţimea de cădere $H + \Delta H$, iar acelea cu două accente corespunzătoare lui $H - \Delta H$. Viteza absolută de la intrare V_1 este dată de relaţia :

$$V_1 = \sqrt{2g\left(\frac{pat}{\gamma} - \frac{p_1}{\gamma} - \Sigma hp + h_1\right)}.$$

Considerînd înălţimea de aspiraţie h_2 mică în general faţă de căderea totală $H = h_1 + h_2$ se poate scrie $h_1 \cong H$ şi $V_1 = \sqrt{2gH}$. Unghiurile β_1, β_2 şi vitezele u_1 şi u_2 sînt constante. Se presupune funcţionarea turbinei la aceiaşi deschidere a statorului respectiv $\alpha_1 = \text{const}$. Puterea turbinei la înălţimea de cădere H_n este dată de relaţia :

$$N^H = \frac{\gamma Q}{g} U_1 \, Vu_1 = \gamma Q \eta H \text{ kgm/s}.$$

La înălţimea de cădere majorată cu ΔH pe baza legilor similitudinii puterea corespunzătoare este dată de relaţia :

$$N_1^{H+\Delta H} = N^H \left(1 + \frac{\Delta H}{H}\right)^{3/2} = \frac{\gamma Q}{g} U_1 Vu_1 \left(1 + \frac{\Delta H}{H}\right)^{3/2};$$

iar pe baza pierderilor care îşi fac apariţia din cauza variaţiei înălţimii de cădere, puterea care rămîne este dată în general de relaţiile :

$$N_{2\frac{\Delta H}{H}>0}^{H+\Delta H} = \frac{\gamma Q'}{g}\left(u_1 Vu_1' + u_2 Vu_2'\right) + \frac{\gamma Q'}{g}\frac{W_j'^2}{2} - \frac{\gamma Q'}{g}\frac{Vu_2''^2}{2}$$

şi

$$N_{2\frac{\Delta H}{H}<0}^{H+\Delta H} = \frac{\gamma Q''}{g}\left(u_1 Vu_1'' - U_2 Vu_2''\right) - \frac{\gamma Q''}{g}\frac{W_j''^2}{2} - \frac{\gamma Q''}{g}\frac{Vu_2''^2}{2}$$

corespunzătoare cazului cînd înălţimea de cădere

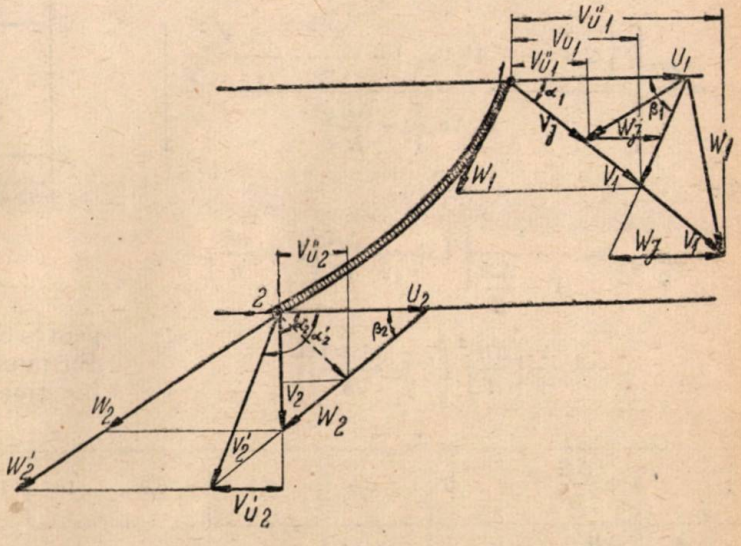


Fig. 3

variază în plus faţă de înălţimea de proiectare $\frac{\Delta H}{H} > 0$ şi cazului cînd variază în minus $\frac{\Delta H}{H} < 0$.

Ţinînd seama de relaţiile care se pot scrie din fig. 3, şi anume :

$$\frac{V_1'}{V_1} \cong \left(1+\frac{\Delta H}{H}\right)^{1/2}; \quad \frac{Q'}{Q} = \left(1+\frac{\Delta H}{H}\right)^{1/2};$$

$$W_j' = \left[\left(1+\frac{\Delta H}{H}\right)^{1/2} - 1\right] u_1 \text{ şi}$$

$$Vu_2' = \left[\left(1+\frac{\Delta H}{H}\right)^{1/2} - 1\right] u_2$$

şi cu notaţiile şi dezvoltările următoare :

$$Vu_2'' = \left[1-\left(1-\frac{\Delta H}{H}\right)^{1/2}\right] U_2$$

$$W_j'' = \left[1-\left(1-\frac{\Delta H}{H}\right)^{1/2}\right] U_1$$

$$\frac{u_2}{u_1} = \frac{D_2'}{D_1} = m \text{ şi } Vu_1 = nU_1$$

$$\left(1 \pm \frac{\Delta H}{H}\right)^{1/2} = 1 \pm \frac{1}{2}\frac{\Delta H}{H} +$$

$$+ \frac{1}{4}\left(\frac{\Delta H}{H}\right)^2 \pm \frac{1}{12}\left(\frac{\Delta H}{H}\right)^3 + \ldots\ldots\ldots$$

se obţine pentru R expresia :

$$R_{\frac{\Delta H}{H}>0} = \frac{N_2^{H+\Delta H}}{N_1^{H+\Delta H}} =$$

$$= \frac{Q'}{Q}\left[\frac{\left(U_1 Vu_1' + U_2 Vu_2'\right) + \frac{W_j^2}{2} - \frac{Vu_2'^2}{2}}{u_1 Vu_1 \left(1+\frac{\Delta H}{H}\right)^{3/2}}\right]$$

$$R_{\frac{\Delta H}{H}<0} = \frac{N_2^{H-\Delta H}}{N_1^{H-\Delta H}} =$$

$$= \frac{Q''}{Q}\left[\frac{\left(U_1 Vu_1'' - U_2 Vu_2''\right) - \frac{W_j''^2}{2} - \frac{V''^2_{u_2}}{2}}{U_1 Vu_1 \left(1-\frac{\Delta H}{H}\right)^{3/2}}\right]$$

sau

$$R_{\frac{\Delta H}{H}>0} = \frac{1}{1+\frac{\Delta H}{H}}\left[1 + \frac{1}{2}\frac{\Delta H}{H}\left(1+\frac{m^2}{n}\right) + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{4}\left(\frac{\Delta H}{H}\right)^2\left(1+\frac{m^2+1}{2n}\right)\right]$$

şi

$$R_{\frac{\Delta H}{H}<0} = \frac{1}{1+\frac{\Delta H}{H}}\left[1 + \frac{1}{2}\frac{\Delta H}{H}\left(1-\frac{m^2}{n}\right) + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{4}\left(\frac{\Delta H}{H}\right)^2\left(1-\frac{3m^2+1}{2n}\right)\right].$$

Pentru un caz concret în care coeficienţii m şi n au valorile $m = 0{,}5$ şi $n = 0{,}5$, care pot fi considerate ca nişte valori medii relaţiile de mai sus devin :

$$R_{\frac{\Delta H}{H}>0} = \frac{1}{1+\frac{\Delta H}{H}}\left[1 + \frac{3}{4}\left(\frac{\Delta H}{H}\right) + \frac{9}{16}\left(\frac{\Delta H}{H}\right)^2\right]$$

$$R_{\frac{\Delta H}{H}<0} = \frac{1}{1+\frac{\Delta H}{H}}\left[1 + \frac{1}{4}\left(\frac{\Delta H}{H}\right) + \frac{3}{16}\left(\frac{\Delta H}{H}\right)^2\right]$$

Făcîndu-se calculele numerice se obţine tabela 1. Din curbele construite, (fig 4) se observă că o turbină de tipul Francis calculată şi dimensionată

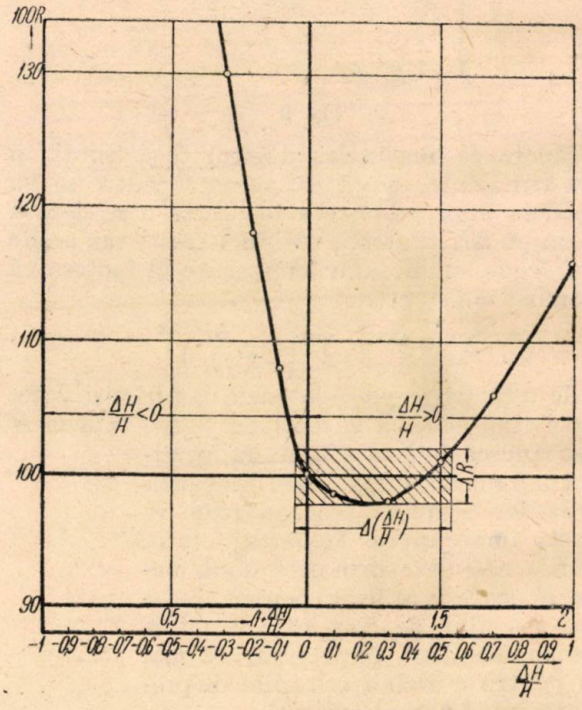


Fig. 4

pentru o înălţime de cădere H se comportă mai bine din punct de vedere al pierderilor în cazul cînd funcţionează la o cădere mai mare $H + \Delta H$

Tabela 1

1	$1+\frac{\Delta H}{H}$	0	0,5	0,7	0,9	1	1,1	1,3	1,5	1,7	2
2	$\frac{\Delta H}{H}$	−1	−0,5	−0,3	−0,1	0	0,1	0,3	0,5	0,7	1
3	R	∞	1,65	1,3	1,08	1	0,9825	0,98	1,01	1,06	1,16

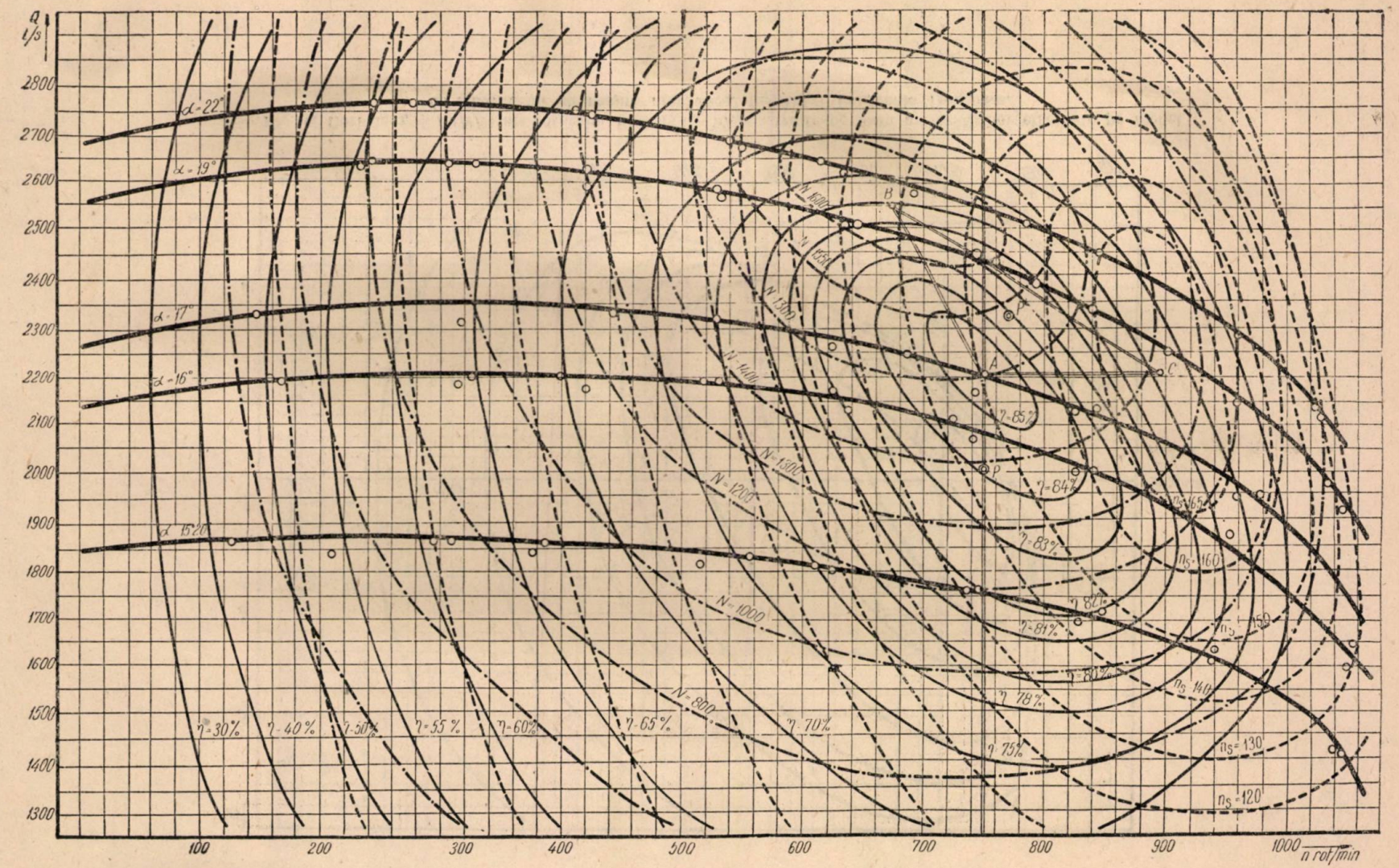


Fig. 5. Curbele universale ale rotorului Francis B—27 la $H = 68$ m.

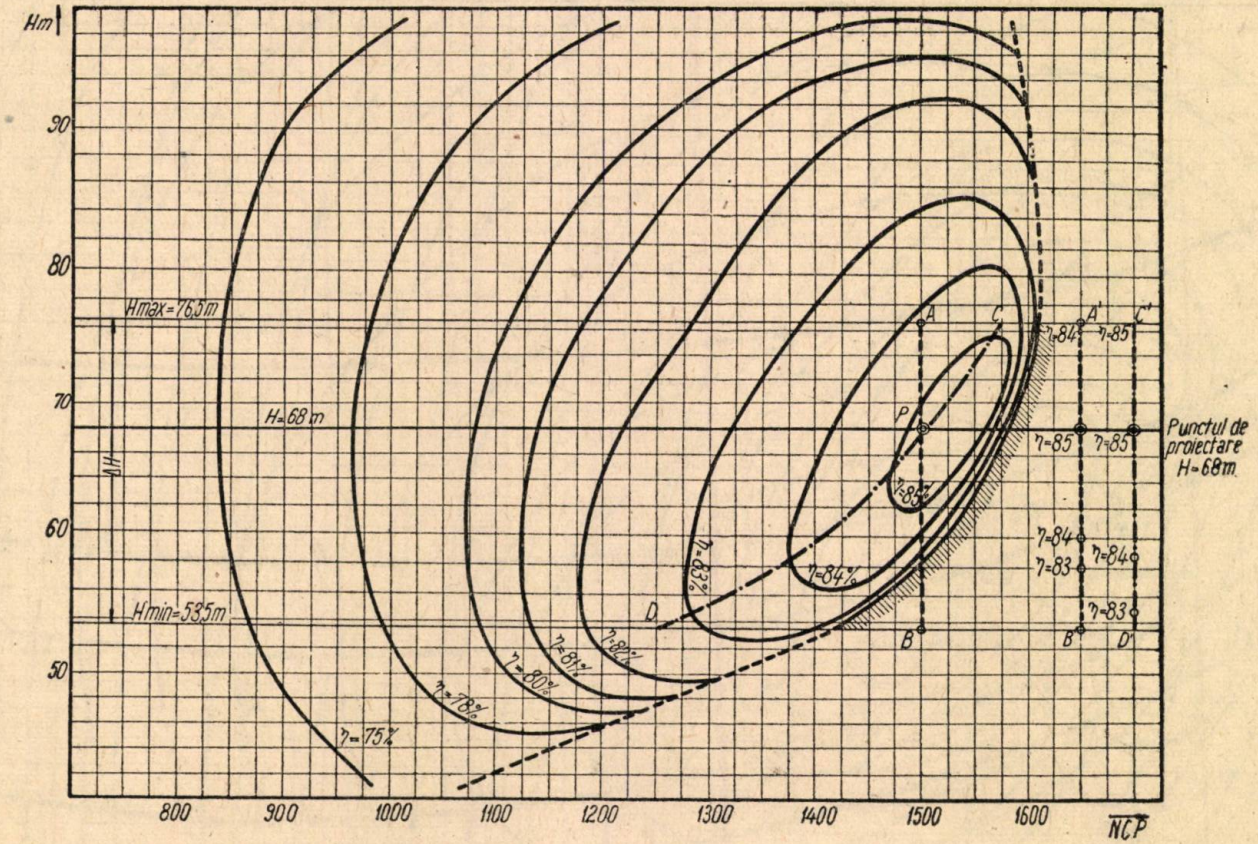


Fig. 6. Curbele $\eta = f(NH)$ ale rotorului Francis B—27 construite pe baza măsurătorilor efectuate pe model în laboratorul de mașini hidraulice. Institutul Politehnic Timișoara.

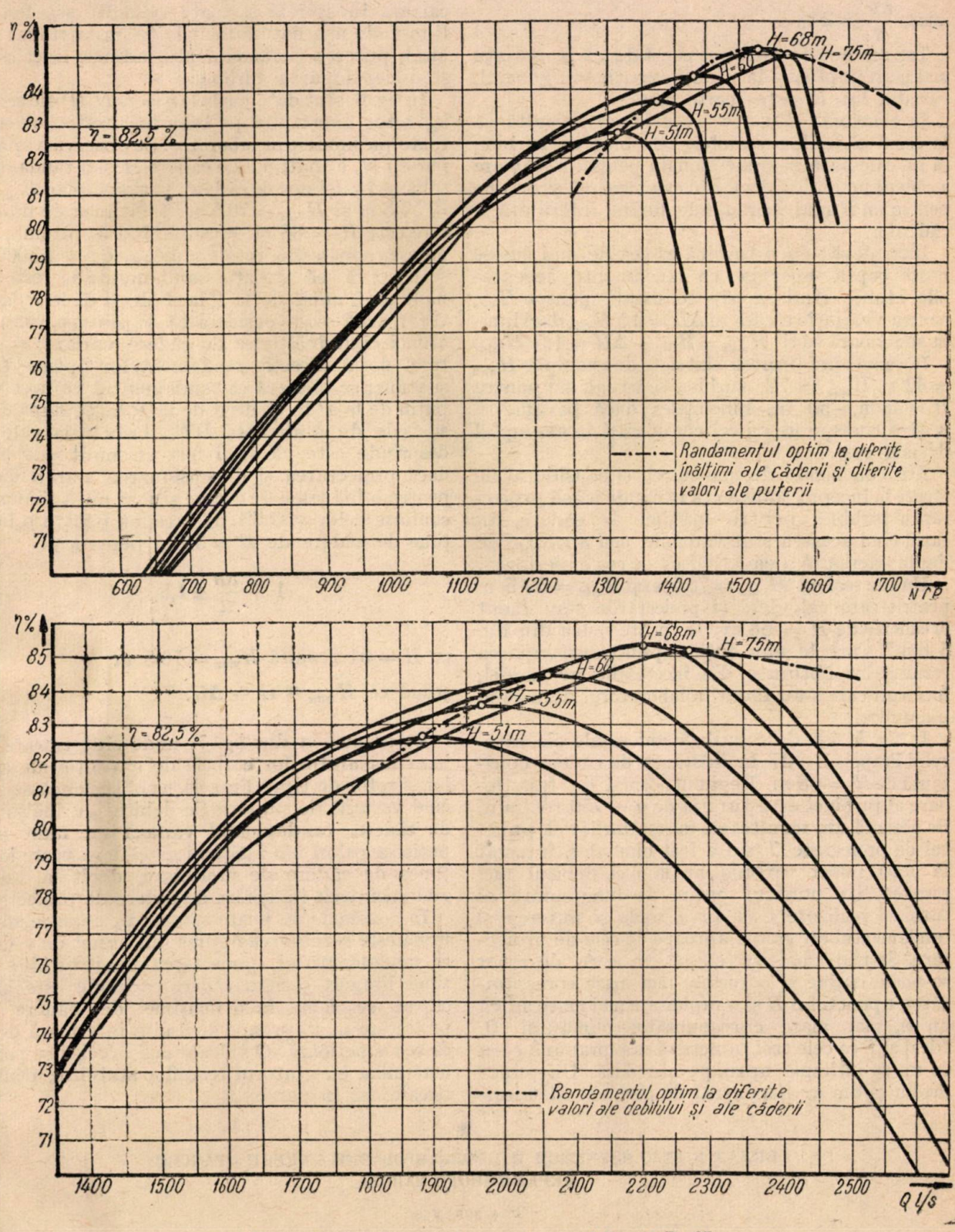


Fig. 7. Curbele de garanție pentru rotorul Francis B—27.

pecît atunci cînd funcţionează la o cădere mai mică $H-\Delta H$ şi anume : pînă la variaţii procentuale de $\frac{\Delta H}{H}=50\%$ variaţia lui R este relativ mică, $\frac{\Delta R}{R}=2\%$.

Tot din aceste curbe se constată că la variaţii mai mari în plus şi la variaţii negative în general, variaţia lui R este foarte mare.

In concluzie din aceste consideraţii rezultă că în cazul căderilor variabile este bine ca turbina să fie calculată şi dimensionată pentru o valoare a căderii mai mică decît căderea maximă şi anume pentru un H mai aproape de limita inferioară a căderilor.

Intr-adevăr cu o turbină ca cea de mai sus se poate capta energia cu randamente acceptabile atunci cînd ea este construită pentru H_{min} pentru o variaţie a căderii $\Delta H=0{,}5\,H_{min}$ deci limita superioară va fi $H_{max}=H_{min}+\Delta H=1{,}5\,H_{min}$.

In cazul cînd limitele sînt date de exemplu $H_{min}=42$ şi $H_{max}=72$, turbina se va calcula pentru $H=48$ m,—50 m, bineînţeles dacă parametrii m şi n corespund cu cei consideraţi în exemplul de mai sus.

Atît concluziile de mai sus cît şi consideraţiile făcute la început indică cea mai judicioasă proiectare a turbinei pentru înălţimi de cădere, în cazul cînd acestea sînt variabile, mai aproape de limita inferioară a căderii decît de cea superioară.

Un caz real cu $H_{max}=76{,}5$ m şi $H_{min}=53{,}5$ m pentru care calculele şi proiectările s-au făcut la căderea de $H=68$ m se poate vedea din fig. 5, 6 şi 7. Curbele s-au obţinut prin transformarea rezultatelor obţinute din încercările pe model, încercări care s-au făcut în laboratorul de maşini hidraulice.

In fig. 5 sînt date curbele universale ale rotorului Francis B—27 la înălţimea de cădere constantă de $H=68$ m. Regimul normal de funcţionare al turbinei este turaţia de $n=750$ rot/min. Se observă din rezultatele măsurătorilor că punctul de proiectare T nu a fost bine ales, întrucît la acest punct turbina nu ia nici debitul nici puterea, iar punctul optim de funcţionare al turbinei realizate este în A unde şi puterea şi randamentul au valori aproape de cele de proiectare. Se mai observă că, cu un astfel de rotor se poate obţine şi o putere mai mare corespunzătoare punctului B şi o rapiditate mai mare adică un n_s mai mare corespunzător punctului 0. Ideal ar fi ca cele trei puncte să se suprapună ceea ce nu se întîmplă aproape niciodată. Un punct mediu optim ar fi centrul de greutate al triunghiului P'. Deci pentru ca turbina să se apropie de valoarea optimă trebuie să ia un debit mai mare la aceiaşi turaţie. Dacă ar fi fost dimensionată pentru o înălţime de cădere mai mică camera în spirală şi toate celelalte pierderi ar fi fost de aşa natură încît la 68 m ar fi luat debitul, puterea şi randamentul admise la calculul şi dimensionarea turbinei.

In fig. 6, sînt date curbele $\eta=f(N,H)$ ale aceluiaşi rotor construite pe baza măsurătorilor efectuate pe modele în laborator. Se observă variaţia puterii N, a înălţimii de cădere H şi a randamentului η. Înălţimea de cădere variază între $H_{min}=53{,}3$ m şi $H_{max}=76{,}5$ m. Înălţimea de proiectare este $H=68$ m. Presupunînd în primul rînd puterea constantă, cea de proiectare $N=1\,500$CP, se observă că variaţia randamentului este cu mult mai mică de la P la A decît de la P_1 la B. Chiar dacă s-ar considera că şi puterea variază, atunci cînd înălţimea de cădere variază, şi natural după direcţia randamentelor optime C-D şi atunci se observă că randamentul variază mai puţin de la P la C, decît de la P la D, după cum se vede după dreapta $D'C'$. Concluzia care se desprinde este că ar fi fost cu mult mai bine dacă proiectarea şi dimensionarea s-ar fi făcut pentru o înălţime de cădere şi mai mică şi anume conform celor stabilite la început pentru o înălţime de cădere de $H=51$ m pentrucă :

$$1+\frac{\Delta H}{H}\cong 1{,}5$$

cu $H=51$ rezultă $H_{max}=76{,}5$ m

ştiind că $H_{max}\cong H+\Delta H$.

De asemenea din fig. 7, unde sînt trasate pe baza măsurătorilor curbele de garanţie ale aceluiaşi rotor de tipul Francis, se observă că atunci cînd variază fie puterea fie debitul cu înălţimea de cădere, randamentul variază cu mult mai puţin la valori ale înălţimii de cădere peste înălţimea de cădere de proiectare, decît la valori mai mici decît înălţimea de cădere de proiectare.

In concluzie se poate spune : în cazul cînd se urmăreşte rezolvarea optimă din punct de vedere al randamentului, proiectarea unei turbine de tipul Francis pentru căderi variabile este bine ca să se facă la o înălţime de cădere de proiectare mai aproape de limita inferioară decît de cea superioară. O valoare mai precisă se poate determina cu ajutorul relaţiilor stabilite, pentru fiecare caz în parte.

★

ВКЛАД В ДЕЛО ИЗУЧЕНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТУРБИН ФРАНСИС ПЕРЕМЕННОГО НАПОРА

Резюме

Устанавливаются критерии для выбора напора при проектировании ротора турбины Франсис которая должна работать с изменяющамся в определенных пределах напором. Теоретические результаты подтвержденны и проверенны посредством измерений произведенных над такого рода роторами, в лаборатории гидравлических машин Тимишорского Политихнического Института.

CONTRIBUŢIE LA PROBLEMA CALCULULUI FORŢEI ŞI CENTRULUI DE PRESIUNE HIDROSTATICĂ

Ing. OTTO BRAESTER

Autorul examinează problema calculului forţei şi centrului de presiune hidrostatică în cazuri ce se ivesc în industrie, la lichide aflate sub presiuni mari. Se tratează problema în cazul suprafeţelor plane şi curbe şi se fac generalizările corespunzătoare.

A. Cazul suprafeţelor plane

Problema calculului forţei şi centrului de presiune hidrostatică este cunoscută pentru suprafeţe plane în cazul lichidelor cu nivel liber.

Sînt cazuri care se ivesc practic în industrie şi mai cu seamă în industria chimică, cînd este necesar a se calcula aceste elemente pentru lichide aflate sub presiune, sub acţiunea unui piston mecanic sau a unui gaz cu presiune mare.

Ne propunem să calculăm forţa de presiune şi poziţia centrului de presiune în cazul general

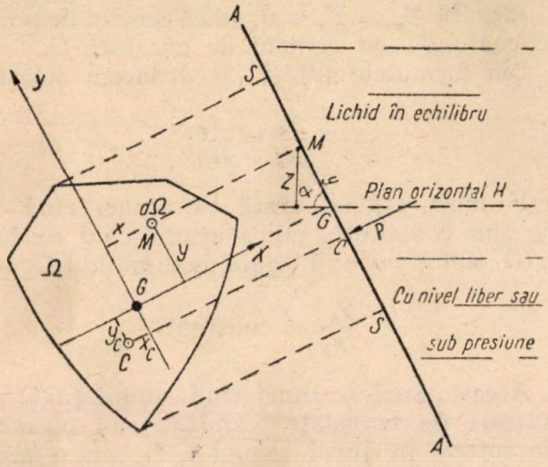


Fig. 1

al lichidelor oarecare, exprimînd aceste elemente prin formule simple care să cuprindă cazul general.

Fie $A-A$ (fig. 1) peretele plan al unui vas sau rezervor care conţine un lichid oarecare, cu nivel liber sau sub presiune.

Fie $S-S$ o figură plană aflată pe acest perete şi care rabătută pe planul figurii, are o formă oarecare Ω. Notăm cu G centrul de greutate al suprafeţei Ω şi cu C, centrul de presiune hidrostatică.

Luăm axe de coordonate rectangulare axul GX, care reprezintă intersecţia suprafeţei Ω cu planul orizontal H trecînd prin centrul de greutate G, şi GY perpendiculară pe GX, cuprinsă de asemeni în planul figurii.

Considerăm un punct M de coordonate x şi y, şi un element de suprafaţă de $d\Omega$ în jurul acestui punct.

Fie γ greutatea specifică a lichidului.

Notăm cu p presiunea în punctul M şi cu P forţa de presiune ce se exercită pe întreaga suprafaţă a cărui punct de aplicaţie este centrul de presiune C.

Notăm cu p_G presiunea în centrul de greutate G.

Potrivit legii hidrostatice avem relaţia : $p = p_G - \gamma z$;

în care z este diferenţa de nivel între punctele M şi G.

Din figură se constată :

$$z = y \sin \alpha \text{ şi deci } p = p_G - \gamma y \sin\alpha$$

Forţa de presiune (apăsare) P, ca sumă a forţelor elementare are expresia :

$$P = \int_{\Omega} p\,d\Omega = \int_{\Omega} (p_G - \gamma y \sin\alpha)\,d\Omega = p_G \int_{\Omega} d\Omega - \gamma \sin\alpha \int_{\Omega} y\,d\Omega$$

Dar $\int y\,d\Omega = 0$, deoarece reprezintă momentul static al suprafeţei Ω în raport cu axul GX, expresia de mai sus devine :

$$\boxed{P = p_G \Omega} \qquad (1)$$

Adică forţa de presiune hidrostatică exercitată de un lichid oarecare (cu nivel liber sau sub presiune) pe o suprafaţă plană, este egală cu produsul dintre presiunea în centrul de greutate şi aria suprafeţei considerate.

Formula (1) este identică cu aceea cunoscută în cazul lichidelor cu nivel liber.

Pentru găsirea poziţiei centrului de presiune G, calculăm momentele forţelor de presiune elementare ($p\,d\Omega$) în raport cu axele GY şi GX.

Avem :

$$\int_{\Omega} x \cdot p\,d\cdot\Omega = X_c \cdot P \qquad X_c = \frac{\int_{\Omega} x \cdot p\,d\Omega}{P}.$$

Punem :

$$p = p_G - \gamma z = p_c - \gamma y \sin\alpha \text{ şi } P = p_G \Omega$$

rezultă :

$$X_c = \frac{\int_{\Omega} x\,(p_G - \gamma y \sin\alpha)\,d\Omega}{p_G \Omega} = \frac{p_G \int_{\Omega} x\,d\Omega - \gamma \sin\alpha \int_{\Omega} xy\,d\,\Omega}{p_G \Omega}$$

deoarece :

$\int_{\Omega} x d\Omega = 0$ şi $\int_{\Omega} xyd\Omega = Ixy =$ momentul centrifugal al suprafeţei Ω în raport cu axele GX şi GY rezultă :

$$X_c = -\frac{\gamma \sin\alpha \, Ixy}{p_G}$$

sau :

$$\boxed{X_c = -\frac{1}{\frac{p_G}{\gamma}} \cdot \frac{Ixy}{\Omega} \sin\alpha} \qquad (2)$$

în care α este unghiu' cu planul orizontal al planului suprafeţei considerate.

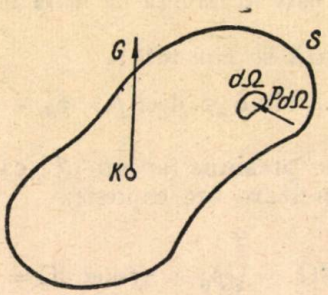


Fig. 2

Pentru calculul coordonatei Y_c, a centrului de presiune C, luăm momentele forţelor elementare (pdΩ) în raport cu axul GX

$$\int_{\Omega} yp d\Omega = P \times Y_c ; Y_c = \frac{\int_{\Omega} yp d\Omega}{P}$$

Punem :

$$p = p_G - \gamma y \sin\alpha \text{ şi } P = p_G \Omega$$

rezultă :

$$y_c = \frac{\int_{\Omega} y(p_G - \gamma y \sin\alpha) d\Omega}{p_G \Omega} = \frac{p_G \int_{\Omega} y d\Omega - \gamma \sin\alpha \int_{\Omega} y^2 d\Omega}{p_G \Omega}$$

Deoarece :

$\int_{\Omega} y d\Omega = 0$, iar $\int_{\Omega} y^2 d\Omega = I_x =$ momentul de inerţie al suprafeţei în raport cu axul GX, rezultă :

$$\boxed{y_c = -\frac{1}{\frac{p_G}{\gamma}} \cdot \frac{Ix}{\Omega} \sin\alpha} \qquad (3)$$

Formulele (2) şi (3) determină poziţia centrului de presiune C în raport cu axele GX şi GY.

Ele au fost deduse pentru un lichid oarecare, adică fie cu nivel liber, fie sub presiune.

Termenul p_G din formulă este presiunea din centrul de greutate în acest caz general.

Formulele (1), (2) şi (3) sînt valabile şi pentru calculul forţei şi centrului de presiune relativă. In acest caz p_G reprezentînd presiunea relativă în centrul de greutate G al suprafeţei.

Discuţia formulelor (2) şi (3). In formula (2) toţi factorii sînt pozitivi, afară de factorul Ixy, care poate fi pozitiv sau negativ.

Rezultă că centrul de presiune C poate fi de o parte sau de cealaltă a axului GY.

— In cazul creşterii presiunii şi deci şi a creşterii factorului p_y, ceilalţi factori rămînînd neschimbaţi, valoarea absolută X_c scade şi deci centrul de presiune se apropie de axul GY şi invers

— In cazul cînd una din axele GX sau GY este ax de simetrie al figurii Ω, atunci $Ixy = 0$ şi deci centrul de presiune se află pe axul GY.

— In formula (3) toţi factorii sînt pozitivi. Rezultă că $Y_c < 0$ şi deci totdeauna centrul de presiune C se află **sub** centrul de greutate.

Aceste rezultate sînt îndeobşte cunoscute.

— Considerînd formulele (2) si (3) în ansamblu constatăm că în cazul creşterii presiunii lichidului, atît X_c cît şi Y_c descresc şi deci C se apropie de centrul de greutate G.

— In cazul cînd planul figurii este orizontal ($\alpha = 0$) avem $\sin\alpha = 0$.

Rezultă $X_c = Y_c = 0$, adică centrul de presiune se confundă cu centrul de greutate G.

Din formulele (2) şi (3) deducem relaţia :

$$\frac{Y_c}{X_c} = \frac{I_x}{Ixy}. \qquad (4)$$

Formula (4) ne arată că atunci cînd I_x şi I_{xy} sînt constante, adică atunci cînd axele GX şi GY sînt invariabil legate de suprafaţa Ω, atunci

$$\frac{Y_c}{X_c} = \text{constant}. \qquad (5)$$

Aceasta are loc atunci cînd suprafaţa Ω are o mişcare de translaţie carecare sau o mişcare de rotaţie în jurul axului GX, sau o mişcare combinată a acestor două mişcări simple. In acest caz centrul de presiune C se deplasează pe o dreaptă trecînd prin centrul de greutate G al cărui coeficient unghiular este dat de relaţia (4).

B. Cazul suprafeţelor curbe

Se ştie că în cazul suprafeţelor curbe oarecare rezultanţa forţelor de presiune elementare este în general o forţă rezultantă şi un cuplu rezultant.

Rezolvarea problemei este cunoscută în cazul lichidelor cu nivel liber, prin metoda proecţiilor pe trei plane.

Această metodă ne dă mărimile protecţiilor forţei rezultante pe cele 3 axe, şi deci mărimea forţei rezultante.

Probema rămîne însă nerezolvată în privinţa cuplului rezultant.

In ce priveşte poziţia centrului de presiune în cazul suprafeţelor curbe în general, cînd rezultanţa forţelor de presiune este o forţă rezultantă şi un cuplu rezultant, noţiunea centrului de presiune îşi pierde semnificaţia, deoarece, compunerea forţelor de presiune elementare poate

fi făcută în orice punct al spaţiului şi deci nu avem deaface cu o forţă rezultantă definită poziţional.

— Să considerăm o suprafaţă curbă închisă S în interiorul unei mase de lichid oarecare (cu nivel liber sau sub presiune în echilibru. Fie K centrul de presiune, care coincide cu centrul de greutate al volumului omogen închis de suprafaţa S. (fig. 2.).

Se ştie că rezultanţa forţelor elementare $p\mathrm{d}\Omega$ potrivit principiului lui Archimede — este o forţă verticală ascendentă G care trece prin K şi a cărei mărime este: $G = V \cdot \gamma$, în care V este volumul închis de suprafaţa S, iar γ este greutatea specifică a lichidului.

Să considerăm acum suprafaţa S secţionată cu un plan aarecare. Obţinem două suprafeţe S_1 şi S_2 pe care le vom numi suprafeţe măginite de curbe plane (cu conture plane).

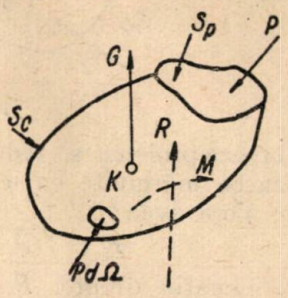


Fig. 3

Fie S_c o asemenea suprafaţă (fig, 3), aflată în aceleaşi condiţii ca şi suprafaţa S. Dacă considerăm volumul închis de suprafaţa curbă S_c şi suprafaţa plană S_p atunci rezultanta forţelor elementare de presiune $p\mathrm{d}\Omega$ care se exercită atît pe suprafaţa curbă S_c cît şi pe suprafaţa plană S_p, vor avea ca rezultantă numai forţa G, ca în cazul anterior.

Acum dacă considerăm forţele elementare $p\mathrm{d}\Omega$ care se exercită numai pe suprafaţa curbă S_p, ele vor avea ca rezultantă o forţă rezultantă R şi un cuplu rezultant M. Dacă notăm cu P forţa rezultantă de presiune ce se exercită pe suprafaţa plană S_p vom putea scrie relaţia

$$[(\vec{M}) + \vec{R}] + \vec{P} = \vec{G} \text{ şi deci:} \qquad (6)$$
$$[(\vec{M}) + \vec{R}] = \vec{G} + (-\vec{P})$$

Prin urmare sistemul $[(\vec{M}) + \vec{R}]$ este echivalent cu sistemul de 2 forţe $\vec{G}$ şi $(-\vec{P})$.

In cuvinte relaţia (6) se exprimă astfel:

Rezultanta forţelor de presiune hidrostatică elementară ce se exercită pe o suprafaţă curbă S_p mărginită de o curbă plană (cu contur plan) este echivalentă cu un sistem de două forţe alcătuit astfel:

— o forţă verticală ascendentă G, trecînd prin centrul de greutate K al volumului închis de suprafaţa curbă S_c şi suprafaţa plană S_p a conturului şi care are ca mărime greutatea volumului de lichid respectiv;

— o forţă $(-\vec{P})$, egală cu forţa de presiune exercitată de lichid asupra suprafeţei plane S_p aplicată în centrul de presiune respectiv şi dirijată în sens invers.

Acest rezultat îl vom aplica în cîteva cazuri uzuale.

a) Să se calculeze forţa de presiune şi centrul de presiune pe o suprafaţă conică ASB ca în fig. 4, exercitată de către un lichid oarecare avînd greutatea specifică γ.

Observăm că forţele G şi P sînt în acest caz situate în acelaşi plan, rezultanta lor este o forţă rezultantă (fără cuplu rezultant) şi deci vom avea şi un centru de presiune C.

Notăm cu r raza secţiunii circulare şi cu h înălţimea conului.

Luăm ca axe de coordonate axele Ox şi Oy, avem:

$$G = \gamma \cdot \frac{h^3}{3} \cdot 3{,}14 . r^2$$

$$G_x = \frac{3{,}14}{3} \gamma\, h^3\, r^2 \cos\alpha$$

$$G_y = \frac{3{,}14}{3} \gamma\, h^3\, r^2 \sin\alpha$$

$P = 3{,}14\ r^2 .\ p_0$, în care P_0, este presiunea hidrostatică în punctul O.

$$P_x = 3{,}14\ r^2\ x\ P_0\ ;\ P_y = 0$$

Rezultă:

$$R = \sqrt{(G_x + P_x)^2 + (G_y + P_y)^2} =$$
$$= \sqrt{G_x^2 + P_x^2 + 2 P_x G_x + G_y^2}$$
$$R = \sqrt{G^2 + P^2 + 2 P G_x}. \qquad (7)$$

Pentru determinarea poziţiei punctului C trebuie să determinăm ecuaţia dreptei purtătoare a vectorului $\vec{R}$.

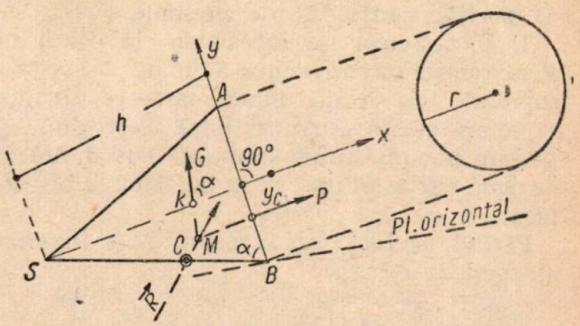


Fig. 4

Punctul M de intersecţie a dreptelor purtătoare ale vectorilor P şi G are de coordonate:

$$x_M = -\frac{h}{4} + y_c \operatorname{cotg}\alpha$$

$y_m = y_c$, în care: y_c este dat de relaţia (3).

Ecuaţia dreptei, în sistemul de axe $O\,xy$, are expresia:

$$y - y_c = \left(x + \frac{h}{4} - y_c \operatorname{cotg}\alpha \right) \cdot \frac{G_y + P_y}{G_x + P_x}$$

sau

$$y - y_c = \left(x + \frac{h}{4} - y_c \operatorname{cotg}\alpha \right) \frac{G_y}{G_x + P_x} \qquad (8)$$

în care toţi termenii sînt cunoscuţi.

Intersecţia dreptei (8) cu dreaptă SB ne va da coordonatele centrului de presiune C şi deci problema se reduce acum la un calcul algebric.

b) Să se calculeze forţa de presiune şi centrul de presiune hidrostatică pe o suprafaţă calotă sferică ASB ca în fig. 5, exercitată de un lichid oarecare avînd greutatea specifică γ.

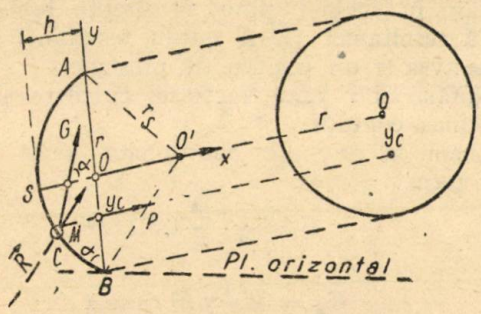


Fig. 5

Ca şi în cazul anterior avem :

$$G = \frac{1}{6} 3{,}14\, h\, (3\, r^2 + h^2) X \gamma : G_x = G_{\cos} \alpha\, G_y = G_{\sin} \alpha$$

$$P = 3{,}14 \times r^2 \times p_0 ;\ P_x = P ;\ P_y = 0$$

în care r este raza cercului calotei. Ca şi în cazul anterior avem :

$$R = \sqrt{G^2 + P^2 + 2\ PG_x}$$

iar ecuaţia dreptei R, observînd că trece prin centrul O' al sferei are expresia :

$$I = (x - r_s + h) \times \frac{Gy}{Gx + P}$$

în care r_s este raza sferei.

Intersecţia acestei drepte cu arcul ASB ne dă poziţia centrului de presiune C.

2. Dacă acum ne întoarcem la cazul iniţial al suprafeţei curbe închise S din fig. 2 şi secţionăm suprafaţa cu două plane oarecare, obţinem o suprafaţă curbă cuprinsă între aceste două plane pe care o vom numi suprafaţa curbă mărginită de două curbe plane, ca în fig. 6 (cu dublu contur plan).

Făcînd acelaşi raţionament ca şi in cazul 2, ajungem la relaţia :

$$[(\vec{M}) + \vec{R}] = \vec{G} + (-\vec{P_1}) + (-\vec{P_2}). \qquad (9)$$

Relaţia (9) poate fi aplicată la calculul forţei de presiune şi a centrului de presiune în cazul suprafeţelor trunchiului de con, zonă sferică, cilindrică etc.

Un caz foarte frecvent în practică este cel al suprafeţii cilindrice circulare cu generatoarele orizontale ca în fig. 7.

Fie 1 (unitatea), lungimea suprafeţei cilindrice avem :

$$G = r^2\ (\beta - \sin\beta\ \cos\beta) \times 1 \times \gamma$$

$$G_x = G_{\cos} \alpha\ ; G_y = G\ \sin \alpha$$

$$P = P_0 \times 2\, r \sin \beta \cdot 1 ;$$

$$P_x = P ;\ P_y = 0.$$

Deoarece în cazul nostru forţele de presiune pe cele două forţe plane paralele ASB se echili-

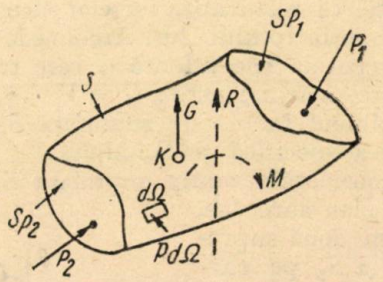


Fig. 6

brează prolema se reduce la cazul 1, a suprafeţei curbe mărginite cu o curbă plană.

Vom avea :

$$R = \sqrt{G^2 + p^2 + 2\ PG_x}.$$

Ecuaţia dreptei R, observînd că trece prin axul O' al cilindrului este :

$$y = (x - r \cos \beta) \times \frac{Gy}{Gx + P}$$

Intersecţia dreptei R cu arcul ASB ne dă coordonatele centrului de presiune C.

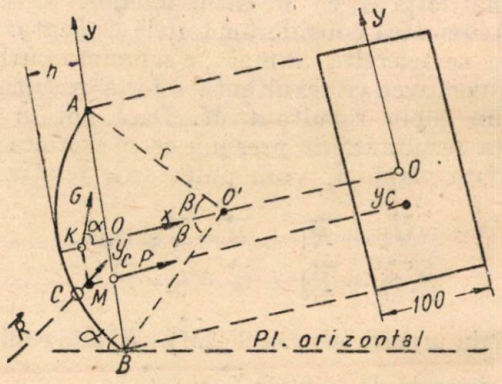


Fig. 7

Astfel folosind acest artificiu de calcul care are la bază principiul lui Archimede, se poate rezolva problema forţei şi centrului de presiune la suprafeţe curbe în anumite cazuri uzuale în practică.

★

К ВОПРОСУ О РАСЧЕТЕ СИЛЫ И ЦЕНТРА ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ

Резюме

Автор рассматривает вопрос расчета силы и центра гидростатического давления для случаев встречающихся в промышленности у жидкостей под высоким давлением. Рассматривается вопрос для плоских и кривых поверхностей и делаются соответствующие обобщения.

INSTALAŢIE MOBILĂ DE VENTILAŢIE CU AERISIRE DIRECTĂ PENTRU LUCRĂRI ÎN INTERIORUL UTILAJULUI INDUSTRIAL ÎNCĂLZIT

Ing. VICTOR VOICU

Se expune una din realizările Institutului de cercetări ştiinţifice pentru protecţia muncii: instalaţia mobilă de ventilaţie şi aerisire în interiorul utilajului încălzit. Sînt descrise elementele agregatului mobil de ventilaţie, montajul, manipularea şi apoi stingerea instalaţiei după utilizare. Se arată rolul în exploatările instalaţiilor cu focare.

In statul nostru de democraţie populară, condiţiile de muncă formează obiectul unei griji permanente a partidului şi guvernului. Imbunătăţirea acestor condiţii este studiată cu seriozitate şi cu simţ de răspundere, pe linia preocupărilor generale care înmănunchiate într-un vast sistem de măsuri complexe, reprezintă grija faţă de om.

Exemplele oferite de uriaşa experienţă sovietică constituie izvorul soluţiilor practice pentru noi întrucît în U.R.S.S. s-a izbutit să se transforme locul de muncă al oamenilor sovietici, ridicîndu-l din ce în ce mai mult la nivelul unui cadru tehnico-organizatoric de laborator, în care sănătatea muncitorilor este pe deplin asigurată, facultăţile lor inovatoare se pot dezvolta continuu, iar cantitatea şi calitatea producţiei împreună cu productivitatea ei sporesc, oferind oamenilor muncii cele mai înalte satisfacţii.

Urmînd aceste exemple s-a creat şi la noi Institutul de cercetări ştiinţifice pentru protecţia muncii. De la înfiinţare, Institutul a înregistrat succese remarcabile, dar este evident că se găseşte încă departe de realizările pe care este dator să le pună la dispoziţia oamenilor muncii.

Colectivul de ingineri şi tehnicieni care lucrează în cadrul acestui Institut, trebuie să fie în primele rînduri ale celor ce se preocupă de rezolvarea multiplelor sarcini puse de tehnica protecţiei muncii, în directă legătură cu dezvoltarea industriei în ţara noastră.

In cele ce urmează vom expune una din realizările mai însemnate şi anume: instalaţia mobilă de ventilaţie şi aerisire în interiorul utilajului industrial încălzit.

Regulile de tehnica securităţii pentru muncitorii din centralele termoelectrice impun ca lucrările de curăţire a focarelor cazanelor să se facă numai după ce s-a ajuns la o temperatură variind între 50—60°C.

Durata de lucru a unui muncitor în focar în condiţiile menţionate, nu trebuie să depăşească 20 min. Printre lucrările ce se efectuează în interiorul instalaţiilor industriale încălzite, citäm: reparaţiile cazanelor centralelor electrice precum şi a cuptoarelor Siemens — Martin.

Cazanele cetralelor electrice sînt de regulă oprite pentru revizii generale, pentru reparaţii, curăţire de zgură şi cenuşă a focarelor, a canalelor de gaze, a ecranelor şi ţevilor de apă.

Curăţirea de zgură a focarelor cazanelor constă în în depărtarea straturilor ce se formează pe suprafaţa cărămizilor a ţevilor etc, lucreare ce de multe ori este necesar a se executa nu numai cu ocazia reparaţiilor planificate, dar şi în timpul campaniei de exploatare al cazanelor, înainte de termenul prevăzut pentru reparaţii.

Operaţia se face de către muncitorii curăţitori de cazane, întrebuinţînd ciocane şi răngi lungi metalice, cu ajutorul cărora sfarmă zgura formată în interiorul instalaţiei, atît în focarele cu grătare metalice, cît şi în focarele cu cărbune pulverizat.

Focarele cu grătare mecanice sînt de obicei mai mici în comparaţie cu cele prevăzute pentru cărbune pulverizat, de accea volumul şi caracterul operaţiilor de curăţire în cele două tipuri de focare este diferit.

Timpul necesar pentru ducerea la bun sfîrşit a unei lucrări este determinat de cantitatea şi tăria zgurii. De multe ori, cantitatea de zgură din părţile inferioare ale focarului atinge cîţiva m^3, aşa încît înlăturarea ei necesită cîteva ore de muncă.

Din cercetările făcute asupra muncitorilor care efectuează aceste lucrări, s-a observat că în funcţie de temperatură şi de starea generală, timpul de lucru în interiorul focarelor diferă de la om la om.

In cadrul experinţelor făcute de S. F. Crasnicais la una din centralele electrice din Leningrad, la o temperatură a aerului cuprinsă între 41..44°C muncitorii au putut să lucreze continuu timp de 10—20 min. La o temperatură de 38°C şi la o radiaţie de căldură mai mică, durata lucrului continuu s-a mărit la 20—27 min. La aceiaşi temperatură de 38°C, dar la o muncă mult mai uşoară, cum ar fi curăţirea de cenuşă, curăţitorii au putut să stea neîntrerupt în interiorul focarului 35—60 min. In toate cazurile, s-a observat că muncitorii au transpirat mult şi au avut nevoie de odihnă în sala cuptoarelor sau afară, la o temperatură mult mai scăzută, un răstimp de 2 — 3 ori timpul lucrat în interiorul focarului. Imbunătăţirea acestor condiţii de muncă se face şi pe alocurea continuă încă să se face prin trei sisteme necorespunzătoare din punct de vedere tehnic şi anume: *a*) mărirea duratei de răcire a instalaţiei; *b*) stropirea cu apă a suprafeţelor

din interiorul instalaţiei ; *c*) aplicarea aspiratoarelor gazelor de ardere la cazane sau a ventilatoarelor.

Considerăm însă nesatisfăcătoare aceste practici, deoarece : *a*) stropirea suprafeţelor interioare cu apă duce la deteriorarea zidăriei ; *b*) mărirea duratei de răcire a instalaţiei limitează posibilităţile de exploatare ; *c*) întrebuinţarea aspiratoarelor şi ventilatoarelor nu este totdeauna posibilă şi nu dă rezultatele dorite.

Institutul de cercetări ştiinţifice pentru protecţia muncii, analizînd această problemă a pus în studiu pe baza documentaţiei sovietice, o instalaţie care să creeze condiţii favorabile muncitorilor ce lucrează la temperaturi mari.

Ca urmare s-a realizat o instalaţie de răcire prin acţiunea căreia temperatura corpului muncitorului scade simţitor, (în comparaţie cu aceeaşi muncă făcută fără această instalaţie), iar timpul de lucru al curăţitorului în focar se măreşte la mai mult de trei ori, putînd să dureze 40 — 60 min, ceea ce s-a şi experimentat la una din centralele electrice din ţară.

Instalaţia, care constă în fond dintr-un duş de aer rece, este simplă şi mobilă. Practic, aerul destinat aerisirii directe este luat din încăperile industriale în care se află instalaţiile încălzite si unde temperatura aerului este de 25...30°C şi chiar mai mult.

De aceea , în condiţii determinate, este necesar o răcire prealabilă a acestui aer.

Ţinînd însă seama că răcirea artificială a aerului cere investiţii mari şi cheltueli de întreţinere. îngreunînd sensibil întreaga exploatare a instalaţiei, s-a ajuns la concluzia că un mijloc acceptabil de răcire a aerului încălzit, este întrebuinţarea apei obişnuite din conducte. In timpul verii însă, realizarea gradului de răcire necesar prin evaporare, se obţine mai greu. Afară de aceasta ar fi nevoie de o complicare a construcţiei instalaţiei, mărindu-se gabaritul şi greutatea,ceea ce ar face-o inaccesibilă pentru exploatare.

S-a impus deci căutarea unei soluţii mai avantajoase care să permită apărarea temperaturii aerului din duş de influenţa aerului fierbinte şi care să asigure efectul necesar aerisirii directe. In acest scop s-a aplicat aşa numita perdea de apă care formează la periferia aerului rece de duş o perdea din picături de apă,

Aerul fierbinte aspirat din mediul înconjurător de către vîna principală de aer răcit, prin efectul duşului întîlneşte în drumul său apa pulverizată. Datorită temperaturii ridicate şi a umezelii acestui aer se produce un puternic proces de vaporizare al apei pulverizate, care are drept rezultat o micşorare a temperaturii maselor înconjurătoare de aer.

Descrierea instalaţiei. Agregatul de ventilaţie al instalaţiei se compune dintr-un ventilator centrifugal $D = 4\ 500$ m³/h, $p = 150$ mm CA, avînd electromotorul de 7 kW cu 3 000 rot/min.

Ventilatorul şi electromotorul sînt montate pe un cărucior cu trei roţi, două fixate pe o axă comună, iar a treia pe direcţie. Rotirea roţii *3*, precum şi a căruciorului, se face cu ajutoru unui mîner, acest fel de construcţie a părţi mobile a căruciorului asigurînd o uşoară manevrare a agregatului. Deasupra ventilatorului se montează un tambur folosit pentru înfăşurarea şi desfăşurarea tubului de cauciuc cu diametru interior de 10 mm, care duce apa spre pulverizator.

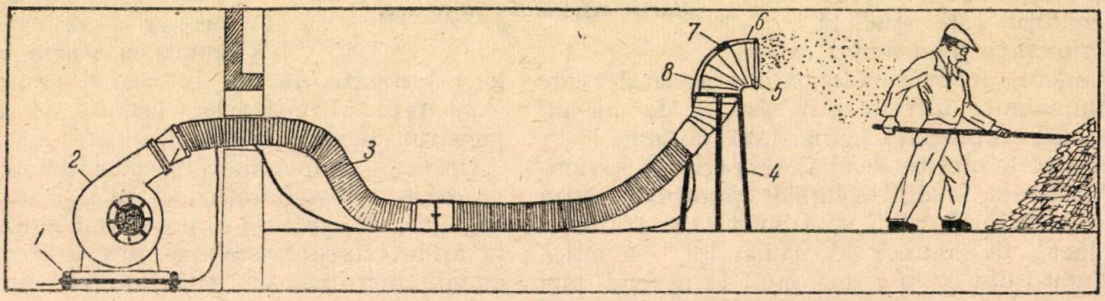


Fig. 1.

1 — cărucior; *2* — ventilatorul cu electromotorul; *3* — tub metalic (flexibil) pentru aer; *4* — trepiedul; *5* — duză de aerisire directă; *6* — pulverizatorul de apă; *7* — robinetul cu trei căi; *8* — tub de cauciuc de alimentare.

Pe cadrul căruciorului se montează dispozitivul de pornire al electromotorului compus din două întrerupătoare, dintre care unul serveşte la pornirea şi oprirea motorului, iar celălalt la comutarea fazelor în aşa fel încît la orice racordare la reţeaua electrică, să se asigure sensul de rotaţie necesar ventilatorului.

Tubul de aer metalic flexibil are diametrul interior 200 mm şi asigură utilizarea lesnicioasă a instalaţiei. Avînd o lungime de 6 m, tubul este prevăzut la unul din capete cu o flanşe pătrată pentru legarea la orificiul de refulare al ventilatorului, iar la celălalt capăt cu o flanşe rotundă şi cu închizător pentru legare cu duza de aerisire directă de 300—400 mm.

Duza este legată cu flanşa unui trepied, astfel ca să se poată roti liber pe 360°.

Pe partea superioară a duzei se fixează robinetul ţevii de alimentare cu apa şi pulverizatorul. Spre a preveni înfundarea pulverizatorului, pe tubul de cauciuc pentru apă se instalează un filtru cilindric cu sită.

La unul din capetele tubului de cauciuc se fixează o piuliţă pentru legarea cu ţeava pulverizatorului de apă, iar la celălalt, o piuliţă pentru legarea la robinetul conductei de apă. Alimen-

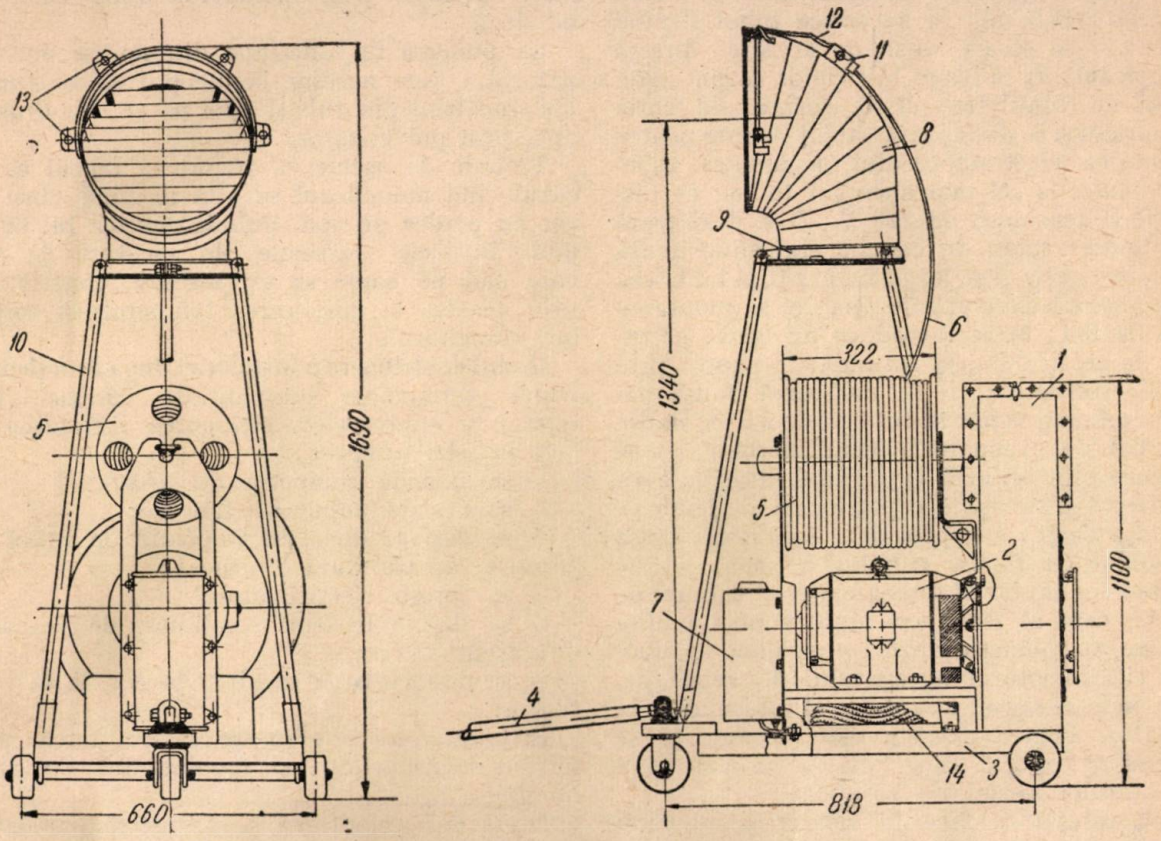


Fig. 2.

1 — ventilator centrifugal de presiune mijlocie; *2* — electromotorul; *3* —căruciorul; *4* — tije pentru transportul agregatului; *5* — tamburul; *6* —tub de cauciuc pentru alimentare cu apă; *7* — dispozitivul de pornire; *8* — duza de aerisire directă; *9*— flanșa trepiedului; *10*— trepiedul; *11* — robinetul; *12* — țeava de alimentare cu apă; *13* — pulverizatorul de apă; *14*— cablu pentru alimentarea electromotorului.

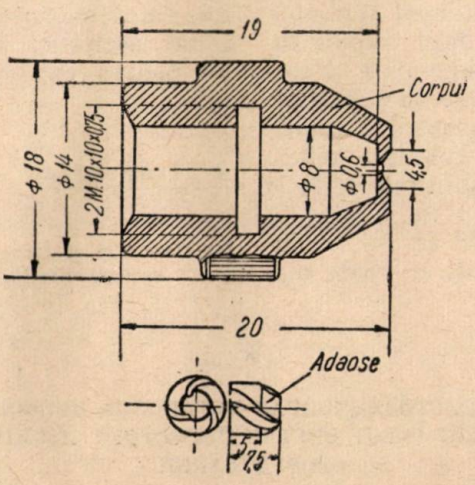


Fig. 3

tarea cu curent a electromotorului se face printr-un cablu electric flexibil şi bine izolat.

Legătura şi încercarea instalaţiei : *a*) Se aduce şi se montează agregatul de ventilaţie la unul din orificiile cuptorului în apropiere de cazan sau cuptor (1,5 m) ; *b*) se aduce tubul flexibil de aer ; *c*) se scoate duza de aerisire directă cu trepiedul ; *d*) se leagă la pămînt corpul agregatului de ventilaţie ; *e*) se scoate din cutia căruciorului şi se desfăşoară cablul electric pentru alimentarea electromotorului legîndu-se capetele cablului la cel mai apropiat tablou de distribuţie la tensiunea de 220 V ; *f*) se desfăşoară de pe tambur tubul de cauciuc care alimentează cu apă instalaţia şi se leagă un capăt al lui la cea mai apropiată chiuvetă de apă ; *g*) se montează tubul flexibil ; *h*) se introduce un capăt al tubului de aer (cu flanşa rotundă) în cuptor prin orificiile respective ; *i*) se montează flanşa patrată a celuilalt capăt al tubului de aer pe flanşa orificiului de evacuare a ventilatorului ; *j*) se introduce prin orificiul cuptorului duza de aerisire directă şi se aşază o platformă de lemn pe suprafaţa de jos a cuptorului, legîndu-se flanşa trepiedului cu flanşa tubului de aer ; *m*) se introduce în cuptor al doilea capăt al tubului de cauciuc, care se leagă cu ajutorul unei piuliţe olandeze, cu robinetul duzei ; *n*) se pune în funcţiune electromotorul agregatului de ventilaţie, controlîndu-se sensul de rotaţie al rotorului de la ventilator. Pentru aceasta este necesar să se oprească motorul şi să se observe prin orificiul ventilatorului sensul de rotaţie.

Dacă rotaţia se face în sensul acelor unui ceasornic înseamnă că ventilatorul a fost bine montat, deci poate fi pus în funcţiune. Dacă însă sensul de rotaţie al ventilatorului se face invers, este necesar să se inverseze fazele. *o*) Se deschide robinetul de apă punîndu-se în funcţiune pulverizatorul. In acest scop se dă drumul apei în tub şi după aceea se deschide robinetul de pe duză pentru trecerea apei spre pulverizator.

Manipularea instalaţiei în timpul lucrului. Curentul de aer care iese din duză trebuie îndreptat spre capul şi partea superioară a corpului muncitorului, care se află în zona de acţiune a vînei de aer, iar în timpul deplasărilor muncitorului pe platforma cuptorului, curentul trebuie îndreptat şi spre locul de lucru prin rotirea duzei în jurul axei.

Dacă este necesar ca vîna de aer să fie îndreptată în sus sau în jos, aceasta se poate realiza prin îndepărtarea sau apropierea picioarelor trepiedului.

In perioada cînd muncitorul se află în apropierea duzei, pulverizarea apei poate fi oprită după dorinţă, prin închiderea robinetului de pe duză.

La punerea în funcţiune din nou a pulverizatorului, este necesar la început să se scurgă apa încălzită din tub şi apoi să se dea drumul apei prin pulverizator.

Trebuie de asemenea remarcat faptul că în cazul cînd muncitorul se află în zona vînei de aer cu perdea de apă, îmbrăcămintea lui nu se udă. Puţinele particule de picături de apă care cad pe haine se evaporează, contribuind prin aceasta la micşorarea temperaturii corpului muncitorului.

Modul de strîngere a instalaţiei după funcţionare După terminarea lucrului de curăţire sau repararea cuptoarelor, strîngerea instalaţiei se face în felul următor :

— se închide robinetul de apă ;
— se desface tubul de cauciuc ;
— se desface duza cu trepiedul de tubul de aer şi se scoate afară din focar ;
— se opreşte electromotorul ;
— se desfac legăturile cablului de la sursa de curent ;
— se desface tubul flexibil de aer de la ventilator.

Instalaţia are o greutate relativ mică, permiţînd transportarea şi manipularea de către un singur om.

Desfacerea, montarea şi strîngerea instalaţiei după funcţionare, nu necesită un personal de specialitate, ci poate fi făcută chiar de muncitorii care fac operaţiile de curăţire la cazane şi cuptoare.

In concluzie, apreciem că soluţionarea lucrului în cuptoare nerăcite complet, prin folosirea perdelei de apă interpusă între duşul de aer rece suflat şi mediul ambiant fierbinte al focarului, este judicioasă şi va da rezultate practice bune, asemenea dispozitive fiind de mare folos pentru exploatările instalaţiilor cu focare.

Bibliografie

[1] *Uceachim* şi *Landa* : Instalaţii de ventilaţie mobile cu aerisire directă, Ediţia 1950.

★

ПЕРЕДВИЖНАЯ ВЕНТИЛЯЦИОННАЯ УСТАНОВКА НЕПОСРЕДСТВЕННОГО ОБДУВАНИЯ ДЛЯ РАБОТ ВНУТРИ НАГРЕТОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Резюме

Описывается одно из достижений Н.И.И.З.Т.: передвижная установка для вентиляции внутри нагретого оборудования. Описанны элементы передвижного вентиляционного агрегата, монтаж, управление и разборка установки после использования. Указывается роль установки при эксплоатации топочных установок.

IN LEGĂTURĂ CU CONSUMUL SPECIFIC DE ULEIURI LUBRIFIANTE ÎN CENTRALELE TERMOELECTRICE

Ing. D. BREBENEL și ing. S. CATZ

1. **Considerații generale.** Uleiurile minerale, utilizate în sectorul energetic, sînt uleiuri de calitate superioară, a căror fabricare necesită materie primă (țiței) corespunzătoare și un proces tehnologic relativ costisitor.

Dezvoltarea continuă a industriei, utilizarea de mașini noi, modernizate, cu performanțe ridicate, atrage după sine folosirea în cantități din ce în ce mai mari a uleiurilor lubrifiante de calitate superioară.

De aceea, economia de ulei în sectorul energetic, care este un mare consumator în țara noastră, conduce nu numai la ieftinirea prețului de cost al energiei electrice produse, ci și la mărirea rezervei de plan de uleiuri minerale, deci la lărgirea posibilităților de utilizare a mașinilor și agregatelor în industrie, transporturi, agricultură, etc.

2. **Aspectul tehnic al problemelor de ungere.** *a*) Proprietățile de ungere mai importante ale uleiurilor, ce se utilizează la mașinile și agregatele din centralele termoelectrice, se caracterizează prin :

— calitatea uleiului de a-și menține o vîscozitate corespunzătoare la temperatura de regim a funcționării mașinii respective ;

— calitatea uleiului de a adera la suprafața metalică care alunecă peste altă suprafață metalică, adică de a rezista la tendința de expulzare a lui din spațiul dintre suprafețele în frecare ;

— calitatea uleiului de a nu se altera sub acțiunea oxigenului din aer și a temperaturii la care lucrează mașina respectivă, adică de a fi stabil în condițiile în care este folosit ;

— calitatea uleiului de a nu emulsiona.

Alegerea uleiului de ungere, corespunzător pentru fiecare mașină și fiecare loc de ungere în parte, este o problemă importantă, deoarece de aceasta depinde nu numai o bună funcționare a mașinii respective dar și un consum specific rațional de ulei.

Astfel, dacă, pentru ungerea cilindrilor unui motor Diesel stabil de 2 100 CP cu 6 cilindri, puterea repartizată pe cilindru fiind 350 CP, se utilizează un ulei cu o vîscozitate mai mică de 16° E (măsurată la 50°C), consumul specific de ulei va crește, deoarece pentru a se asigura o ungere bună, aparatele de ungere vor pompa mai mult și în consecință se va consuma mai mult ulei.

Tot astfel dacă la un compresor, care are, de exemplu, presiunea finală de compresiune 8 at, se utilizează un ulei cu o vîscozitate mai mare de 9°E (măsurată la 50°C) cantitatea de cocs, care se depune pe canalele de ieșire, este mai mare.

De asemenea chiar dacă pentru ungerea acestui compresor se utilizează ulei de calitate corespunzătoare, dar în cantitate prea mare, are loc ceea ce se numește o *supraungere*. Acest fapt nu numai că poate conduce la mărirea inutilă a consumului de ulei, dar are aceleași efecte negative arătate mai sus adică depunerea de cocs în cantitate mare, cu toate consecințele ei.

Acest fapt este valabil la toate mașinile cu combustie internă, unde ungerea mărită duce nu numai la creșterea consumurilor specifice de ulei, dar și la grave deficiențe de exploatare.

b) În sectorul energiei electrice, agregatele care consumă cantități apreciabile de uleiuri de ungere, sînt motoarele Diesel. Turbinele de abur sau de apă consumă cantități relativ mici în comparație cu motoarele Diesel.

Pentru a demonstra ordinul de mărime a consumului de ulei la turbine, în comparație cu cel de la motoarele Diesel, din centralele termoelectrice, vom da cîteva cifre comparative :

Normele de consum de ulei variază la turbine între 0,01 g/kWh și 0,1 g/kWh produs, în timp ce la motoarele Diesel variază între 4 g/kWh și 15 g/kWh produs. Pe de altă parte, uleiul din baia de ungere a turbinei se schimbă după un număr de ore care variază între 8 000 și 40 000, pe cînd uleiul din carterul motorului se schimbă după un număr de ore care variază între 800 și 2 000.

De aci rezultă că, la motoarele Diesel, uleiul se consumă de 150 ori pînă la 400 ori mai mult decît la turbine, pentru consumul propriu-zis, iar pentru schimbarea uleiului de 10 pînă la 20 ori mai mult.

Consumul de ulei de turbină avînd o influență mică asupra prețului de cost al energiei produse, problema economiei de ulei se pune cu precădere în ceea ce privește consumul de ulei pentru motoarele Diesel. De aceea ne vom ocupa aci numai de această parte a problemei : economia de lubrifianți la motoarele Diesel.

Motoarele Diesel stabile sînt motoare așa zise lente, avînd turații mici, respectiv viteze mici ale pistonului (pînă la 7 m/s).

După cum se știe, uleiurile minerale se utilizează petnru ungerea pereților interiori ai cilindrilor, pentru ungerea lagărelor paliere, a lagă-

relor de bielă, precum şi a celorlalte articulaţii.

Dar în motorul Diesel, uleiul foloseşte nu numai ca lubrifiant ci şi pentru a răci piesele care sînt supuse temperaturilor ridicate, cauzate de frecări în timpul funcţionării maşinii.

Cu excepţia celor capsulate, care au sisteme de ungere comune pentru paliere cît şi pentru cilindri, toate celelalte motoare Diesel din centralele noastre termoelectrice, au sisteme de ungere separate. Ungerea cilindrilor se face prin aparate speciale, care introduc uleiul în maşină prin presiune. Uleiul unge peretele interior al cilindrului pe toată lungimea cursei pistonului, iar la cursa următoare, segmentul raclor rade uleiul de pe pereţi şi nu-l lasă să pătrundă în camera de combustie. Totuşi, o cantitate oarecare de ulei rămîne aderentă la pereţii cilindrului şi este ars împreună cu combustibilul. În acest mod se consumă o parte din uleiul de cilindru.

Este deci evident că dacă segmenţii pistonului sînt mai etanşi, consumul de ulei de cilindru este mai mic; cu cît segmenţii sînt mai uzaţi şi nu asigură etanşeitatea respectivă, cu atît consumul de ulei va fi mai mare.

În procesul de ungere, uleiul parcurge un circuit închis. Ungerea lagărelor se face cu ajutorul unei pompe speciale care aspiră uleiul depozitat în carter şi îl refulează sub presiune la locurile de ungere (lagărele paliere şi lagărele bielei), de unde este împins apoi pînă la bolţul pistonului prin canalele practicate în bielă. După ce uleiul şi-a îndeplinit funcţia, se adună din nou în baia de ungere de unde este aspirat iar de pompă şi recirculat.

Trebuie menţionat că la motoarele cu încărcare termică mare, se află un răcitor de ulei într-un anumit punct al acestui circuit, unde răcirea se face cu apa de răcire a motorului. De asemenea într-un alt punct al circuitului, se află filtre de ulei care separă şi înlătură din lubrifiant impurităţile mecanice.

Funcţia de element de răcire şi-o îndeplineşte uleiul de carter în modul următor: odată cu fiecare trecere prin spaţiul dintre arbore şi cuzineţi, uleiul preia o anumită cantitate de căldură de la piesele în frecare şi o cedează apoi apei de răcire în momentul cînd trece prin răcitor. Lipsa răcirii prin ulei ar contribui la topirea lagărelor, ca urmare a frecării uscate a pieselor respective.

Menţionăm că după un timp determinat, datorită acţiunii temperaturii şi oxigenului din aer, uleiul se degradează, proprietăţile sale lubrifiante se micşorează sensibil şi uleiul trebuie înlocuit.

Pe lîngă aceasta, datorită mişcării de rotaţie a arborelui cotit al motorului, uleiul din carter se află într-o continuă barbotare. Dacă barbotarea uleiului din carter este abundentă, iar numărul segmenţilor pistonului este insuficient, dacă forma lor este nepotrivită sau dacă sînt prea uzaţi, uleiul este antrenat de piston în camera de ardere, ceea ce dă naştere la un consum excesiv de ulei.

De asemenea, dacă presiunea în circuitul de ungere este prea mare, aceasta poate conduce la o antrenare puternică a uleiului din carter în camera de ardere, mărindu-se şi în acest fel consumul de ulei.

Pentru evitarea deficienţelor descrise mai sus şi în scopul reducerii la normal a consumului specific de ulei se iau diferite măsuri de natură tehnică:

În primul rînd este necesar ca atît reparaţiile curente cît şi cele capitale să fie făcute în cele mai bune condiţii şi la termenele prescrise de „prescripţiile de exploatare tehnică" în vigoare. Segmenţii trebuie înlocuiţi ori de cîte ori se observă un consum prea mare de ulei. Consumul specific de ulei de cilindru trebuie să se menţină în limitele prescrise de constructor, iar alegerea uleiului trebuie să fie făcută judicios, ţinîndu-se seama de puterea repartizată pe cilindri şi de starea mecanică a motorului.

Pentru motoarele uzate, se vor alege uleiuri cu atît mai vîscoase cu cît gradul de uzură este mai mare, iar la motoarele noi, unde jocul este foarte mic, se vor alege uleiuri mai fluide. Se va verifica modul de funcţionare a răcitorului de ulei; căderea de temperatură la uleiul ce trece prin răcitor trebuie să fie cea indicată de constructori. De asemenea se va determina în cît timp se pot îmbîsci filtrele, pentruca să se organizeze şi să se urmărească pe grafic curăţirea lor sistematică.

Se va controla continuu, prin analize de laborator, calităţile uleiului din carter şi nu se va permite scoaterea lui din serviciu decît pe baza normelor indicate în instrucţiuniile pentru exploatarea motoarelor Diesel ale D.G.T.

În al doilea rînd, cînd se observă un consum excesiv de ulei de carter, se mai pot lua şi următoarele măsuri:

— Se vor aşeza diverse ecrane în carter, pentru a evita pătrunderea uleiului în cilindri.

— Se va modifica profilul (unghiul de atac) al segmentului raclor căutînd să i se dea forma cea mai convenabilă care să conducă la rezultate satisfăcătoare în această privinţă;

— în cazul cînd avem de-a face cu o barbotare abundentă, se va menţine nivelul uleiului din carter la limita inferioară admisibilă pentru a evita o barbotare prea activă;

— în circuitul de ungere al palierelor, se va menţine presiunea în limitele prescrise de constructor.

Tov. Lenkey Carol de la Energotrust 2 şi Forij Ludovic de la Energocombinat 3 prin inovaţiile făcute au modificat profilul segmenţilor raclori în mod convenabil şi au reuşit astfel să reducă consumul specific de ulei de carter, care ajunsese excesiv de mare din cauza antrenării uleiului de uns în cilindri.

În tabela 1 sînt redate în procente reducerile de consum specific de ulei de carter la cîteva motoare, reduceri realizate prin aplicarea inovaţiilor amintite.

Reiese din cifrele din tabelă că prin procedeul tov. Lenkey C. s-a reuşit să se obţină o reducere

sensibilă a consumului specific, iar prin procedeul tov. Forij L. o reducere ceva mai mică, însă destul de apreciabilă.

Modificarea profilului segmenţilor raclori	Agregatul	Consum specific după experimentarea inovaţiei, în % faţă de consumul dinaintea acestei experimentări
	M.D.A.	30,5%
	M.D.B.	27,7%
Procedeul Lenkey Carol	M.D.C.	57,1%
	M.D.D.	25,4%
	M.D.E.	47,5%
Procedeul Forij Ludovic	M.D.F.	81,2%

3. **Importanţa tehnico-economică a problemei lubrifiantelor.** Pentru a sublinia importanţa tehnico-economică a problemei consumului specific de ulei în centralele termoelectrice cu motoare Diesel redăm mai jos cîteva fapte şi sugestii rezultate din exploatare.

Ungerea maşinilor cu ulei în cantitate suficientă şi de calitate corespunzătoare contribuie în bună măsură la întreţinerea în condiţii bune şi la exploatarea normală a maşinilor respective.

De aceea stabilirea unor norme juste de consum de ulei şi urmărirea sistematică şi conştiincioasă a realizării acestora este de mare ajutor pentru tehnicienii care se ocupă cu întreţinerea şi exploatarea motoarelor Diesel din centralele electrice.

Cantitatea de ulei ce se consumă la un motor Diesel nu este în funcţie de gradul de încărcare a acestuia; în adevăr, experienţa din exploatare arată că şi cînd maşina funcţionează în gol şi cînd este în plină sarcină sau la o sarcină intermediară, cantitatea de ulei consumată este practic aceaşi.

Unul din factorii importanţi care influenţează direct asupra consumului de ulei la un motor Diesel este starea mecanică a acestuia adică, gradul de uzură a maşinei respective.

Rezultă de aci că urmărind şi examinînd evoluţia consumului specific pentru acelaşi motor Diesel, în perioade de timp succesive şi comparabile, tehnicienii, care se ocupă cu întreţinerea şi exploatarea motoarelor Diesel, îşi pot da seama de modul cum evoluează uzura motorului respectiv.

Normarea consumului de ulei pentru motoare Diesel, prevede norme limită, la atingerea cărora maşina trebuie să fie scoasă din serviciu şi să intre în reparaţie capitală.

Pentru a se putea face în bune condiţii analiza evoluţiei consumului specific de ulei, este necesară şi definirea judicioasă a unor unităţi de măsură.

Astfel, la motoarele Diesel stabile din centralele termoelectrice consumul efectiv de ulei de ungere fiind independent de puterea debitată de generatorul maşinei, este greşit a se defini unitatea de măsură a consumului specific de ulei în grame/kWh produsă, ci trebuie utilizată o unitate de măsură care să nu includă în produsul finit noţiunea de încărcare a maşinii, aceasta neinfluenţînd — după cum am văzut — asupra cantităţii de ulei consumat.

De aceea, s-a stabilit ca unitate de măsură a consumului specific de ulei de ungere pentru motoarele Diesel: consumul de ulei raportat la produsul dintre puterea instalată (în CP) şi numărul de ore de funcţionare a maşinei respective.

În concluzie, experienţa din exploatare arată că, urmărirea sistematică şi corectă a consumului specific de ulei la motoarele Diesel din centralele termoelectrice este necesară şi are următoarele avantaje tehnico-economice:

— creează posibilitatea de a avea în fiecare moment o indicaţie concludentă asupra stării mecanice, de uzură, a maşinei respective;

— asigură un consum raţional de ulei care influenţează direct asupra preţului de cost al energiei produse în aceste centrale;

— contribuie la mărirea rezervei de plan în materie de uleiuri lubrifiante de calitate superioară.

CUM S-A OBȚINUT REDUCEREA TIMPULUI NORMAT LA LUCRĂRILE DE REPARAȚIE A ECHIPAMENTULUI ELECTROMECANIC LA O CENTRALĂ ELECTRICĂ

Preocupați continuu de problema reducerii timpului normat la lucrările de revizie și reparații capitale, colectivul de muncă al unei centrale termoelectrice din cadrul Energotrustului nr. 1, a aplicat cu succes o serie de măsuri tehnico-organizatorice precum și o serie de inovații care au avut ca rezultat imediat reducerea efectivă a timpului normat de lucru pentru revizia cazanelor și a turbinelor.

La fiecare 10 ale lunii, servicul planificării în colaborare cu colectivele secțiilor, întocmește planul de lucru pentru luna următoare, defalcat pe secții, dîndu-se astfel posibilitatea fiecărei secții să cunoască, în mod precis, lucrările care îi revin cu 20 zile înainte de termenul de începere al execuției.

Pe baza planului primit, fiecare secție își întocmește graficul operațiilor pentru agregatele mari (cazane, turbine, generatori, transformatori) stabilind răpunderile pe lucrări.

Responsabilii de lucrări — maiștrii — prelucrează partea din plan ce revine echipelor sau brigăzilor, asigurînd totodată condițiile necesare unei bune desfășurări a lucrului.

In ce privește pregătirea lucrului, serviciul planificării organizează transmiterea din timp a devizelor de lucru, în primul rînd la serviciul aprovizionării, pentru aprovizionarea la timp cu materiale, iar în al doilea rînd la serviciul contabilității, pentru înregistrarea lucrărilor la controlul preventiv, asigurîndu-se astfel desfășurarea activității pe baza principiului gospodăriei chibzuite a întreprinderii.

Cunoscînd planul de lucru, șeful secției ia prin maiștri măsuri pentru transportarea materialelor necesare în imediata apropiere a locului de muncă. Astfel se înlătură timpii morți între revizii sau reparații. Tot în perioada dintre două revizii sau reparații sînt pregătite și sculele speciale.

De asemenea șeful secției are grijă să se confecționeze, în atelierele proprii, diversele piese ce urmează a fi înlocuite. Aceasta este posibil, datorită faptului că atelierele sînt bine dotate cu utilaj sovietic (strunguri, raboteze, freze etc.) iar pentru utilizarea acestor mașini — unelte, se asigură în mod permanent ridicarea nivelului tehnico-profesional al muncitorilor. Confecționarea anumitor piese de schimb, în atelierele proprii, atrage după sine atît scurtarea timpului normat de lucru deoarece piesele procurate din import vin adesea cu întîrziere, cît și reducerea prețului de cost ca rezultat al diferenței dintre prețul de achiziție și prețul de confecționare.

Folosind metodele tehnice sovietice, tehnicienii centralei termoelectrice au inițiat repararea părților unor agregate chiar în timpul funcționării. Astfel repararea preîncălzitoarelor de aer se execută în timpul funcționării cazanelor, oprindu-se, pe rînd cîte un preîncălzitor. Pentru menținerea permanentă a puterii în sistem, curățirea condensatoarelor de la turbine se face în minim de timp. Această problemă a fost rezolvată de maistrul Pirosca Haralambie. Prin practicarea a două deschideri în capacele condensatoarelor, s-a scurtat cu circa 80% timpul necesar pentru vizitarea lor.

Printre alte numeroase inovații și măsuri tehnice luate pentru scurtarea timpului normat de lucru la revizii și reparații capitale, menționăm :

— folosirea schelelor suspendate pe console și lanțuri în camera focarului (cazane) ;

— confecționarea unei macarale — consolă în sala turbinelor, pentru manevrarea pieselor foarte grele ;

— electrificarea macaralei din sala turbinelor ;

— dispozitiv pentru scoaterea și așezarea rapidă a garniturilor la țevile condensatoarelor ;

— electrificarea macaralei la turnul de decuvare ;

— mecanizarea transportării transformatoarelor mari.

Măsurile de mai sus au contribuit efectiv la scurtarea timpului normat la lucrările amintite.

Experiența dobîndită de colectivul centralei termoelectrice în reducerea timpului normat la lucrările de revizii și reparații a echipamentului electromecanic, prin introducerea și aplicarea metodelor de lucru sovietice, trebuie extinsă și folosită și la alte unități similare ale energotrusturilor și energocombinatelor.

S. Finți—N. Drăguleanu

REALIZĂRI ÎN ÎMBUNĂTĂŢIREA FACTORULUI DE PUTERE ÎN SISTEMUL ENERGETIC DIN EXPLOATĂRILE PETROLIFERE

Ing. A. GAFIŢEANU

Problema îmbunătăţirii factorului de putere s-a dezbătut în consfătuirea de la Sibiu, organizată de A.S.I.T. în colaborare cu Ministerul Energiei Electrice şi Industriei Electrotehnice.

Ca urmare a acestei consfătuiri, într-un trest al Societăţii Sovrompetrol a fost întocmit un plan pe scara 1/10 000, plan pe care s-au înscris toate receptoarele şi transformatoarele cu caracteristicile respective. Acest plan a fost studiat şi analizat în raport cu rezoluţia consfătuirii.

Pentru a se aplica *măsuri imediate* pentru îmbunătăţirea factorului de putere prevăzute în rezoluţia de mai sus, cu cheltuieli minime de investiţii, s-a ajuns la următoarele măsuri:

A. **Calea compensării naturale.** Transformatoarele urmează a fi regrupate pentru a mări gradul lor de încărcare. Transformatoarele cu o putere mult mai mare faţă de sarcina lor actuală, în ipoteza extinderii lucrării lor în şantier, urmează să fie înlocuite cu transformatoare de putere corespunzătoare celei solicitate de receptoarele pe care le alimentează. De asemenea, pentru a se evita pierderi exagerate în reţeaua electrică posturile de transformare urmează să fie mutate lîngă receptoarele principale.

Imbunătăţirile aduse într-un şantier al acestui trest sînt:

1) mutarea unuia din cele trei posturi de transformare existente încărcat cu 90% lîngă receptoare, recuperîndu-se 100 m linie de 25 kV şi 600 m linie de 600 V, cu cheltuieli reduse;

2) desfiinţarea unui post de transformare încărcat cu 2,5%, recuperîndu-se şi un km linie de 6 kV, precum şi o linie de 200 m, 500 V;

3. desfiinţarea unui post încărcat cu 30% şi a unui post încărcat cu 110% şi înlocuirea lor cu un singur post de transformare încărcat cu 95%. Această modificare a necesitat investiţii pentru o linie de 300 m şi 500 V, recuperîndu-se însă o linie de 100 m şi 25 kV, precum şi 200 m linie de 500 V;

4) desfiinţarea a două posturi de transformare încărcate 70% şi 50% şi înlocuirea lor cu un singur post încărcat 100%, mutat cu 600 m în apropiere de receptoarele principale.

Intr-un alt şantier al acestui trest, în locul unui post de transformare încărcat 90%, trei posturi încărcate 70%, un post încărcat 60%, două posturi încărcate 40% şi trei posturi de transformare 30%, sînt în funcţiune în prezent: patru posturi încărcate 90%, două 70% şi două 30%. Deci s-au înlocuit transformatoarele existente prin altele de putere redusă.

Se mai precizează că unul din posturile de transformare încărcat cu 90% este pe cale de desfiinţare (240 kVAR), sarcina urmînd a fi preluată de un alt post încărcat în prezent cu 70%.

B. **Generatoare de putere reactivă.** Pentru îmbunătăţirea factorului de putere *prin folosirea generatoarelor de putere reactivă*, referatul prezentat de ing. T. Comănescu în consfătuirea menţionată, a preconizat pentru industria petroliferă montarea de condensatoare electrostatice.

Scurt timp după această consfătuire au sosit din U. R. S.S. condensatoare electrostatice trifazice de tip K. M. 0,55-8-3, pentru tensiunea de 500 V şi 8 kVA. A devenit astfel realizabilă calea de îmbunătăţire a factorului de putere preconizată în referatul de mai sus.

Intreprinderea Sovrompetrol a solicitat două institute de proiectare să întocmească un proiect pentru montarea condensatoarelor.

Institutul „Proiectări schelă" a elaborat un proiect care a permis realizarea practică a condensatoarelor electrostatice pentru îmbunătăţirea factorilor de putere. Modul de montare a condensatoarelor a fost împărţită în două categorii:

a) în baterii de condensatoare lîngă posturile de transformare;

b) în condensatoare montate chiar lîngă receptoare. Pentru prima categorie s-au întocmit trei tipuri de proiecte consecutive, din care ultimul se prezenta în condiţii superioare, prin faptul că instalaţia este demontabilă, ceea ce permite o extindere, sau respectiv o reducere, a numărului de condensatoare, sau chiar montarea întregii instalaţii după necesităţile schelei. S-au folosit materiale tipizate din şantiere.

Condensatoarele sînt montate pe un schelet metalic de asemenea demontabil, schelet aşezat într-o baracă metalică de 2 × 4 m sau 4 × 6 m. Scheletul dă posibilitatea dezvoltării sau micşorării bateriei de condensatori. Montarea barelor de 500 V se face vertical în mijlocul eşafodajului metalic a fiecărei grupe de condensatoare, în scopul de a

răspunde cerinţelor de securitate impusă de regulamentul în vigoare. In cadrul aceloraşi măsuri sînt proiectate panouri de protecţie demontabile şi uşor transportabile formate din plasă de sîrmă şi cadru metalic, ca să nu se poată atinge cu mîna izolatoarele condensatoarelor.

Pentru stabilirea numărului necesar de condensatoare s-a adoptat soluţia în care îmbunătăţirea factorului de putere mediu atinge valoarea probabilă de 0,848 (cu un minim de 0,764 şi un maxim de 0,924). Această soluţie răspunde şi cerinţelor de ordin economic şi de continuitate în funcţionare. Intregul număr de condensatoare necesare s-a împărţit în grupe de cîte cinci bucăţi. Fiecare condensator are o anumită capacitate imprimată pe eticheta lui şi gruparea s-a făcut astfel încît capacitatea totală să nu depăşească limitele maxime şi minime impuse. Fiecare grupă de 5 condensatoare se descarcă asupra unei rezistenţe formată din 15 becuri de 15W şi 220 V montaţi în triunghi, cîte cinci becuri în serie. Timpul de descărcare al grupei este de 7 s la o tensiune de 65 V. Consumul de energie este de 2 W/kVAR. Deşi acest consum depăşeşte limita economică admisibilă, s-a ales soluţia montării în triunghi a becurilor, întrucît prezintă o securitate mai mare în funcţionare.

Bateriile de condensatoare şi cele de rezistenţe sînt protejate prin siguranţe fuzibile, iar becurile sînt montate pe plăci de textolit. Intregul sistem este protejat de un întrerupător automat Ditu şi separat de barele de 500 V din interiorul barăcii printr-un separator tripolar obişnuit. Celelalte baterii sînt legate tot de barele generale. Prin această separare se înlătură parte din efectele produse de regimurile tranzitorii, şi se dă o mai mare maleabilitate instalaţiilor de condensatoare.

Toate conexiunile şi siguranţele sînt dimensionate conform cerinţelor regimului tranzitoriu ce s-ar crea de o eventuală creştere a tensiunii. Intreaga instalaţie este prevăzută cu descărcătoare catodice de 15 V.

Soluţia montării condensatoarelor pe grupe are avantajul, în cazul unui deranjament ce ar duce la declanşarea automatului de protecţie, că nu scoate din funcţie întreaga instalaţie de condensatoare şi nu produce solicitări mari pentru transformatorul din postul de transformare.

Pînă în prezent sînt confecţionate părţile componente şi sînt achiziţionate materialele, în vederea începerii montajului.

C. Inlocuiri de motoare. După realizarea celor expuse mai sus, cînd factorul de putere pentru şantierele trestului VI ar depăşi valoarea de 0,S, se va pune problema înlocuirii electromotoarelor de 28 kW cu altele de 20 kW şi a celor de 100 kW cu altele de 60 kW. O asemenea măsură este considerată dificilă, întrucît alte întreprinderi nu au electromotoare cu aceste caracteristici ca să se poată face schimb, iar înlocuirea electromotoarelor cu altele noi nu este economică. Se poate prevedea o mărire a rentabilităţii bateriilor de condensatoare, în urma specializării personalului de exploatare, pînă la realizarea uni factor de putere permanent de 0,924.

*
* *

Socotim necesar ca şi alte întreprinderi să facă cunoscut activitatea depusă pentru realizarea problemelor ce au format obiectul consfătuirii amintite.

CĂRȚI APĂRUTE
ÎN
„EDITURA ENERGETICĂ DE STAT"

A. E. ALEXEEV	**Construcția mașinilor electrice** Traducere din limba rusă 560 pag.	47,60 lei
N. N. MALOV	**Curs de electrotehnică și radiotehnică** Traducere din limba rusă 504 pag.	22,00 lei
M. SIMIONESCU	**Depanarea aparatelor de radio** 224 pag.	8,40 lei
V. S. POPOV ș. a.	**Electrotehnica** Traducere din limba rusă 502 pag.	23,10 lei
M. I. OZERNOI	**Electrotehnica minieră** Traducere din limba rusă 512 pag.	35,30 lei
N. A. SAZONOV	**Îndreptarul montorului electrician rural** Traducere din limba rusă 452 pag.	22,60 lei
J. GEMESI	**Microscopul cu ultra sunete** Traducere din limba rusă 88 pag.	1,45 lei
I. M. POSTNICOV	**Proiectarea mașinilor electrice** Traducere din limba rusă 688 pag.	40,25 lei
E. V. KITAEV	**Telefonia** Traducere din limba rusă 440 pag.	17,35 lei